

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky**

**Návrh hybridného fotovoltaiického systému pre multifunkčnú
budovu**

**Design of hybrid photovoltaic system for multifunctional
building**

2020

Bc. Henrich Poruban

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Henrich Poruban

Studijní program:

N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma:

Návrh hybridního fotovoltaického systému pro multifunkční budovu
Design of hybrid photovoltaic system for multifunctional building

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je vytvořit návrh hybridního fotovoltaického systému a projektovou dokumentaci pro napájení technologie multifunkční budovy. Student získá praktické zkušenosti v oboru projektování elektrických zařízení, fotovoltaických a bateriových systémů. Naučí se pracovat s informacemi nutnými k vytvoření projektu a zdokonalí svoje schopnosti v projekčních systémech.

1. Popište legislativní a normativní požadavky pro instalaci hybridního fotovoltaického systému.
2. Proveďte návrh hybridního fotovoltaického systému.
3. Vypracujte kompletní projektovou dokumentaci.
4. Zhodnoťte dopady navrženého řešení na energetickou náročnost budovy.
5. Zpracujte celkovou cenovou kalkulaci projektu a odhadněte návratnost projektu.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Dvořáček, K.: Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení. IN-EL, Praha 2018
- [2] Haselhuhn, R.: Fotovoltaika, HEL, 2012
- [3] Fotovoltaické systémy – energetická příručka, ČFA, 2016
- [4] Manuály k výpočetním programům, normy apod.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020


doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Ostrave dňa: 30. marca 2020


.....
podpis študenta

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval za odbornú pomoc, odborné vedenie a odborné konzultácie pri vzniku a tvorbe tejto diplomovej práce Ing. Tomášovi Mlčákovi, Ph.D.

Prehlásenie zástupca spolupracujúcej právnickej alebo fyzickej osoby

Súhlasím so zverejnením tejto diplomovej práce vypracovanej p. Bc. Henrichom Porubanom podľa požiadavkou čl. 26, odst. 9 Študijného a skúškového poriadku pre štúdium v magisterských programoch VŠB - TU Ostrava.

Dňa: 30. marec 2020



Ing. Jan Nečas, Ph.D.

jednatel

Abstrakt

Táto diplomová práca pozostáva z vytvorenia návrhu hybridného fotovoltického systému a projektovou dokumentáciou pre napájanie multifunkčnej budovy. Pri tejto práci získam praktické skúsenosti v oblasti projektovania elektrických zariadení, fotovoltických a batériových systémoch.

V práci budem popisovať legislatívne a normatívne požiadavky pre inštaláciu hybridného fotovoltického systému. Následne podľa legislatívy a normatívy spracujem návrh hybridného fotovoltického systému. K tomuto návrhu spracujem kompletnú projektovú dokumentáciu, v ktorej zhodnotím dopady navrhnutého riešenia na energetickú náročnosť budovy. Na základe vypracovanej projektovej dokumentácie spracujem cenovú kalkuláciu na základe ktorej odhadnem cenovú návratnosť projektu.

Kľúčové slová

Hybridný fotovoltický systém; obnoviteľné zdroje energie; projektová dokumentácia;

Abstract

This master thesis is consisting from design of hybrid photovoltaic system and project documentation of supply of multifunction building. With this thesis I will gain practice skills in field of design of electrical systems and photovoltaic systems with backup batteries.

I will be describing legislative and normative requirements for fitting an hybrid photovoltaic system. Where I will be making a design based on that knowledge. For my design I will make complete project documentation, in which I will evaluate pros and cons of this design on energetic demand of building. Based on project documentation, I will process a price calculation on the basis of which I will estimate return of price of project.

Key words

Hybrid photovoltaic system; renewable energy sources; Project documentation;

Zoznam použitých symbolov

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
<i>U</i>	V	Elektrické napätie
<i>I</i>	A	Elektrický Prúd
<i>P</i>	W	Činný výkon
<i>S</i>	VA	Zdanlivý výkon
<i>t</i>	h	Čas
<i>f</i>	Hz	Frekvencia
<i>η</i>	%	Účinnosť
<i>E</i>	kWh	Elektrická energia

Zoznam použitých skratiek

Skratka	Význam
DS	Distribučná sústava
ERÚ	Energetický regulačný úrad
HDO	Hromadné diaľkové ovládanie
HDS	Hlavná domová skriňa
HDV	Hlavné domové vedenie
PPDS	Pravidlá prevádzkovania distribučných sústav
PDS	Prevádzkovateľ distribučnej sústavy
FVE	Fotovoltaická elektrárň
RTU	Komunikačná jednotka pre zber informácií, dát a meraní
EZ	Elektrické zariadenia
LPS	Systém ochrany pred bleskom
LPL	Hladina ochrany pred bleskom
+RFV	Rozvádzač fotovoltaiiky
DC	Jednosmerné (napätie)
AC	Striedavé (napätie)

Zoznam obrázkov

Číslo obrázku	Názov obrázku	Číslo stránky
1.1	Zapojenie HDO pre výrobu elektriny od 30 kW do 100 kW	17
1.2	Oblasti (označené šedou farbou), kde je možné dodávať prebytky z FVE do distribučnej siete	21
2.1	Ročný úhrn globálneho slnečného žiarenia	23
3.1	Princíp priamej premeny energie slnečného žiarenia na elektrickú energiu s využitím fotoelektrického javu	25
3.2	Štruktúra jednoduchého fotovoltického článku	26
3.3	Monokryštalický panel	27
3.4	Polykryštalický panel	28
3.5	Amorfny panel	29
3.6	Zapojenie pre vlastnú spotrebu	30
3.7	Zapojenie pre dodávanie do siete	31
3.8	Zapojenie systému Grid-off	31
3.9	Hybridný fotovoltický systém	32
4.1	Plochy vhodné na montáž fotovoltických panelov	36
4.2	Rozostupy medzi jednotlivými radami panelov	38
4.3	Fotovoltický panel Q-Cells DUO G5	38
4.4	Striedač Fronius Symo 20.0 - 3 - M	40
4.5	Hybridný menič Victron Quattro 48 V 15000 VA	42
4.6	Batériové úložisko BMZ	43
4.7	Ovládací panel Victron Energy Color Control GX	44
4.8	Jednotlivé triedy energetickej náročnosti budov	48

Zoznam tabuliek

Číslo tabuľky	Názov tabuľky	Číslo stránky
4.1	Energetické triedy pre jednotlivé kategórie	50
4.2	Prehľadová cenová kalkulácia	51
4.3	Návratnosť investície pri rozdielnej spotrebe elektrickej energie z vlastnej výroby	52

Obsah

Úvod.....	- 15 -
1 Legislatíva a normatíva	- 16 -
1.1 Podmienky pre pripojenie výroby elektrickej energie.....	- 16 -
1.1.1 Všeobecné podmienky	- 16 -
1.1.2 Technické požiadavky na výrobu s výkonom od 30 kW do 100 kW ..	- 17 -
1.2 Kontrola napäťových pomerov v sieti.....	- 18 -
1.3 Posúdenie nutnosti kompenzácie.....	- 18 -
1.4 Ochrany výrobní.....	- 18 -
1.4.1 Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom	- 18 -
1.4.2 Ochrana pred bleskom a prepätím.....	- 19 -
1.5 Schválenie a uvedenie výroby do trvalej prevádzky	- 21 -
2 Prírodné a geografické pomery	- 22 -
2.1 Slnečná energia	- 22 -
2.1.1 Slnečné podmienky v Českej republike	- 22 -
2.1.2 Doba slnečného svitu.....	- 23 -
3 Fotovoltaika a jej jednotlivé komponenty	- 24 -
3.1 Princíp funkcie fotovoltaického článku.....	- 25 -
3.1.1 Konštrukcia fotovoltaických článkov	- 26 -
3.2 Typy fotovoltaických panelov	- 27 -
3.2.1 Monokryštalické panely	- 27 -
3.2.2 Polykryštalické panely	- 28 -
3.2.3 Amorfne panely	- 29 -
3.3 Fotovoltaický systém.....	- 30 -
3.3.1 Grid-on systém	- 30 -
3.3.2 Grid-off systém.....	- 31 -
3.3.3 Hybridný fotovoltaický systém	- 32 -
3.4 Solárny regulátor nabíjania batérií	- 33 -
3.5 Solárne meniče (invertory)	- 33 -
3.5.1 GRID ON (sieťový menič).....	- 33 -

3.5.2	GRID OFF (ostrovný menič).....	- 33 -
3.5.3	ON GRID + OFF GRID (hybridné meniče).....	- 33 -
3.6	Ochrany	- 34 -
3.7	Akumulácia a batérie.....	- 34 -
3.7.1	Lítiové batérie.....	- 34 -
3.7.2	Olovené batérie.....	- 34 -
4	Návrh hybridného fotovoltaiického systému.....	- 35 -
4.1	Hlavná charakteristika systému.....	- 35 -
4.2	Dostupné plochy pre fotovoltaiické panely	- 36 -
4.3	Jednotlivé zostavy a prvky sústavy	- 37 -
4.3.1	Sústava fotovoltaiických panelov	- 37 -
4.3.2	Rozostupy medzi radami panelov	- 37 -
4.3.3	Výpočet rozostupu medzi panelmi	- 37 -
4.3.4	Navrhnutý fotovoltaiický panel	- 38 -
4.3.5	Inštalované striedače	- 39 -
4.3.6	Navrhnutý Striedač.....	- 39 -
4.3.7	Inštalované hybridné meniče	- 41 -
4.3.8	Navrhnutý hybridný menič.....	- 41 -
4.3.9	Inštalované batériové úložisko	- 43 -
4.3.10	Navrhnutá batéria	- 43 -
4.3.11	Navrhnutý ovládací panel.....	- 44 -
4.3.12	Vyvedenie výkonu.....	- 45 -
4.3.13	Káblové trasy.....	- 45 -
4.3.14	Rozvádzač +RFV	- 45 -
4.3.15	Uzemnenie a ochranné pospojovanie	- 46 -
4.3.16	Vypnutie fotovoltaiickej elektrárne	- 46 -
4.4	Energetická náročnosť budovy.....	- 47 -
4.4.1	Energetický audit.....	- 47 -
4.4.2	Energetický posudok	- 47 -
4.4.3	Preukaz energetickej náročnosti budovy (PENB)	- 47 -
4.4.4	Platnosť energetického preukazu (certifikátu)	- 48 -

4.4.5	Triedy energetickej náročnosti budovy	- 48 -
4.4.6	Požiadavky na nízkoenergetické budovy	- 49 -
4.4.7	Energetická náročnosť predmetnej budovy	- 49 -
4.5	Ekonomické zhodnotenie	- 51 -
4.6	Návratnosť Investície	- 52 -
Záver		- 53 -
Použitá literatúra		- 54 -
Zoznam Príloh		- 56 -

Úvod

V dnešnej priemyselnej dobe, kde neustále stúpajú ceny za energie je potrebné sa zamyslieť a klásť veľký dôraz na ekológiu a znižovanie spotreby energie, je vhodné sa viac zaujímať o obnoviteľnú energiu tzv. zelenú energiu.

Jedná sa o energiu, ktorú vieme získať z obnoviteľných zdrojov ako napríklad slnečného žiarenia alebo veterného prúdenia. Je potrebné si klásť otázku aký zdroj energie v dnešnej dobe je lepšie využívať. Aj keď zdroje obnoviteľnej energie majú menšiu účinnosť a vysoké vstupné náklady. Z dlhodobého hľadiska vieme, že na životné prostredie negatívne vplyva využívanie neobnoviteľných zdrojov energie.

Rôznymi štúdiami bolo dokázané, že neobnoviteľné zdroje priamo znečisťujú ovzdušie škodlivými látkami, ktoré vznikajú pri spaľovaní. Fosílna palivá ako také sú vyčerpatelne, ich zásoby veľmi rýchlo klesajú čo súvisí s neustále sa zvyšujúcim dopitom.

V tejto práci sa budem zaoberať návrhom hybridného fotovoltaiického systému pre multifunkčnú budovu. Cieľom je aby daná budova bola energeticky čo najmenej závislá od verejnej siete čiže aby bola viac menej sebestačná.

V práci sa zaoberám legislatívou a normatívou, ktorá je potrebná na správne zostrojenie fotovoltaikej elektrárne.

Popíšem jednotlivé princípy komponenty z ktorých sa skladá fotovoltaiická elektráreň. Zhodnotím dopady navrhnutého zariadenia na energetickú náročnosť budovy.

Vypracujem celkovú kalkuláciu projektu a odhadnem návratnosť projektu.

Pred návrhom celého systému je potrebné získať čo najviac informácií o existujúcej budove. Aká je spotreba energií zo siete, aby sme vedeli na aký výkon navrhnuť elektráreň. Potrebné je budovu obhliadnuť, zistiť, kde je možné umiestniť danú fotovoltaiickú elektráreň. Veľa závisí na akú svetovú stranu je budova orientovaná, najlepší je dopad slnečných lúčov na panely z juhu (juhovýchod, juhozápad). Pokiaľ by boli panely orientované na severovýchod, až severozápad, tak investícia do panelov by bola nerentabilná.

Pri návrhu je potrebné:

- zvážiť súčasnú cenu energií
- urobiť vhodné štúdie na základe získaných informácií
- vhodnosť aplikácie elektrárne na daný objekt.

1 Legislatíva a normatíva

Elektrina je najrozšírenejšou formou energie, ktorú človek využíva. Vďaka svojim vlastnostiam sa dá výborne premeniť na inú formu energie, tiež je možné ju transportovať.

Čoraz početnejšie skupiny elektrární využívajú obnoviteľné zdroje elektrickej energie. Ako napríklad fotovoltaické elektrárne. V Českej republike aj vo svete sa vplyvom dotačnej politiky fotovoltaické elektrárne neustále rozširujú.

1.1 Podmienky pre pripojenie výroby elektrickej energie

Na pripojenie novej výroby elektriny je potrebné rešpektovať a nasledovať legislatívne ustanovenia danej spoločnosti. Každá spoločnosť disponuje žiadosťou týkajúcou sa pripojenia zariadení na výrobu elektrickej energie do distribučnej sústavy. Sústavou v zmysle Zákona o energetike sa rozumie nielen distribučná sústava, ale aj prenosová sústava. Je to potrebné z toho dôvodu, lebo ako prevádzkovateľ distribučnej sústavy má povinnosť zabezpečiť spoľahlivé, bezpečné a účinné prevádzkovanie sústavy za hospodárnych podmienok pri dodržaní podmienok ochrany životného prostredia a energetickú účinnosť.

1.1.1 Všeobecné podmienky

Novo zriaďovať, podstatne rozširovať a upravovať výrobu pripájanú k DS je možné len zo súhlasom ČEZ Distribuce, a.s., ktoré je vydané na základe vyplnenej „Žiadosti výrobcu elektriny o pripojenie k distribučnej sústave“ a „Dotazníku pre vlastnú výrobu“ v rámci povinných príloh k týmto formulárom.

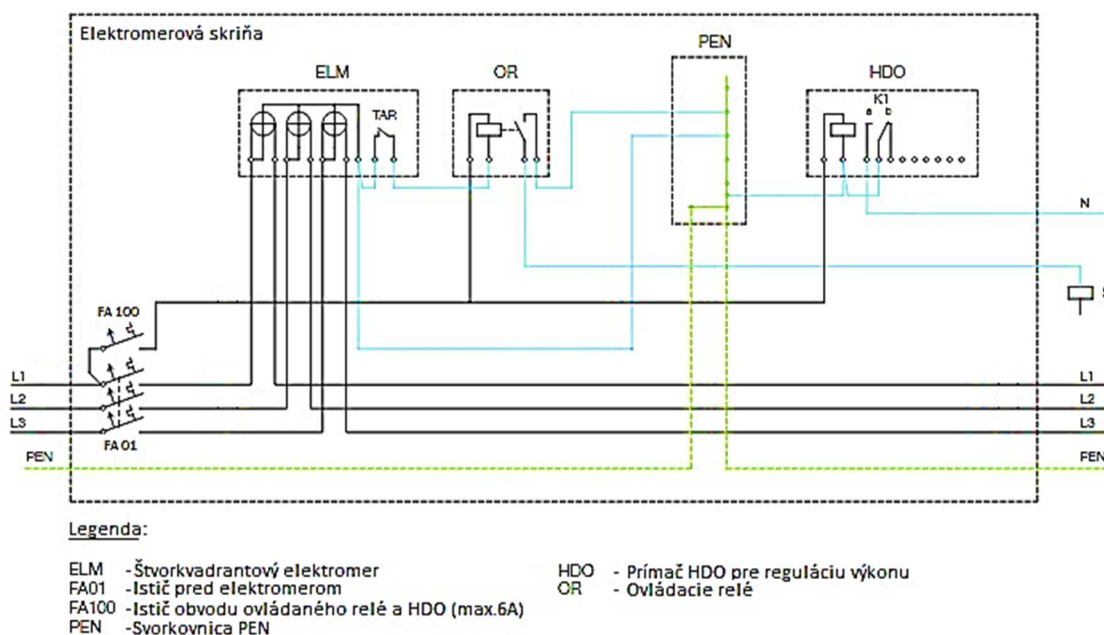
O spôsobe pripojenia výroby k DS a dodržaním stanovených podmienok rozhoduje PDS. Voľba konkrétneho spôsobu pripojenia, DS nn, vlastníka transformačnej stanice, či samostatný vývod vn sa realizuje na základe výpočtov, ktoré zohľadňujú výkon a druh výroby a parametre miestnej siete a jej využitie ostatnými užívateľmi. Podmienky prevádzky výroby stanovuje spoločnosť ČEZ Distribuce, a.s., tiež tak rozhoduje o spôsobe realizácie merania. Pri zriaďovaní alebo podstatnom rozširovaní výroby je nutné dodržať podmienky stanovené stavebným zákonom č. 183 / 2006 Sb. Ďalej je investor povinný v priebehu spracovávaní prípravnej projektovej dokumentácie požiadať spoločnosť ČEZ Distribuce, a.s., o vyjadrenie. Všetko pripojenie musí byť v súlade s platnou legislatívou, hlavne zákonom č.458 / 2001 Sb. v plnom znení, PPDS, platnými ČSN, PNE a týmito podmienkami ČEZ Distribuce, a.s. Prevádzka výroby nesmie zhoršiť parametre kvality elektrickej energie v mieste pripojenia a spôsobovať nedovolené zmeny napätia v DS. Vzťahy medzi prevádzkovateľom výroby a PDS sa riadia obojstranne potvrdenou zmluvou o pripojení v súlade s vyhláškou ERÚ č. 16 / 2016 Sb., o podmienkach pripojenia k elektrizačnej sústave v platnom znení. [1]

1.1.2 Technické požiadavky na výrobné s výkonom od 30 kW do 100 kW

Prenos merania a signalizácie na dispečing PDS nie je u týchto zdrojov požadovaný.

Výrobňa s výnimkou MVE musí byť schopná úrovňového riadenia činného výkonu pomocou relé prijímača HDO v majetku PDS. V oblasti bez signálu HDO bude k regulácii použitá jednotka RTU, tiež v majetku PDS. Regulácia zmeny dodávky výkonu výrobne sa bude vykonávať vo všetkých fázach súčasne v nasledujúcich úrovniach 0 % a 100 % menovitého výkonu (základný prevádzkový stav). K tejto regulácii je žiadateľ povinný zaistiť príslušné technické, ovládacie a organizačné predpoklady. Výrobňa je zo strany PDS riadená iba v prípadoch stanovených ustanovením § 25 odst. 3 písm. d) a § 26 odst. 5 EZ a to za podmienok stanovených EZ. Jedná sa o možnosť prechodnej zmeny dodávky výkonu výrobne, tj. Dočasné (na nezbitne nutnú dobu) „odpojenie“ výrobne.

Prijímač HDO dodá ČEZ Distribuce, a.s. Preferuje sa umiestnenie prijímača HDO v elektromerovom rozvádzači pre fakturačné meranie PDS. Napájanie prijímača HDO bude zaistené odbočením na privode hlavného ističa pred elektromerom cez samostatný jedнопólový istič max. 6 A. Pokiaľ bude prijímač HDO pre operatívne riadenie umiestnený mimo elektromerový rozvádzač, musí byť k nemu zmluvne zaistený prístup pre pracovníkov skupiny ČEZ. Napájaný bude z nezaisteného zdroja 230 V AC cez istič max. 6 A. [1]



Obrázok 1.1: *Zapojenie HDO pre výrobu elektriny od 30 kW do 100 kW [1]*

1.2 Kontrola napät'ových pomerov v sieti

Prevádzka výrobné musí spĺňať podmienky stanovené v PPDS a ustanovenia navesujúcich technických noriem z hľadiska vplyvu na elektrizačnú sústavu (príslušné medze rušivých vplyvov sú stanovené v podnikových normách energetiky - rada PNE 333430). Prevádzka výrobné el. energie nesmie zhoršiť parametre kvality elektrickej energie v mieste pripojenia. Zvýšené napätie vyvolané prevádzkou pripojených výrobní nesmie v najnepriaznivejšom prípade (prípojnom bode) prekročiť 2 % pre výrobnú s prípojným miestom v sieti vn (v sieti nn nesmie prekročiť 3 %) v zrovnaní s napätím bez ich pripojenia. Pri dodávke výkonu (elektrickej energie) do DS je žiadateľ (prevádzkovateľ výrobné) povinný dodržať účinník v medziach podľa prílohy č.4 PPDS tak, aby nedochádzalo k neprípustnému ovplyvňovaniu DS napätím mimo stanovené medze, alebo zaistiť inštaláciu zariadenia pre reguláciu napätia na hodnoty stanovené príslušným dispečingom PDS. [1]

1.3 Posúdenie nutnosti kompenzácie

ČEZ Distribuce, a.s., v súlade s PPDS vždy rozhodne o šírke pásma účinníku, ktorá musí byť zohľadnená pri spracovaní projektovej dokumentácie na pripojenie zdroja, ktorá pripojenie rieši aj z pohľadu posúdenia nutnosti kompenzácie jalového výkonu výrobné. [1]

1.4 Ochrany výrobní

U výrobní musí byť podľa druhu výrobné a veľkosti výkonu použité ochrany podľa prílohy č. 4 PPDS v rámci funkcií a rozsahu nastavení. U FVE s výkonom v jednej fázy vyšším než 3,7 kW nie je zachovaná správna selektívna funkcia integrovaných ochrán a je nutné osadiť centrálnu ochranu v mieste prechodu výrobné do DS.

AK nemá výrobca dohodnutého obchodníka na pretoky do DS, je nutné zabrániť neoprávnenej dodávke el. energie do DS. V tomto prípade je nutné vybaviť zariadenie wattovým relé (alebo ochranou s obdobnou funkciou), ktorá zabezpečí odpojenie výrobné v prípade, že výrobná preváži odber v danom prídávacom mieste. [1]

1.4.1 Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom

Norma ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 sa zaoberá ochranou pred úrazom elektrickým prúdom v elektrických inštaláciách. Je určená k tomu aby určila základné princípy a požiadavky, ktoré sú spoločné pre elektrické inštalácie a zariadenia, alebo ktoré sú potrebné pre koordináciu týchto požiadavkou. Základným pravidlom ochrany pred úrazom elektrickým prúdom je, že nebezpečné živé časti nemôžu byť za normálnych podmienok prístupné, nemôžu byť nebezpečné ani za normálnych podmienok ani za podmienok jednej poruchy. Kde pri návrhu FVE som dbal na tieto požiadavky.

410.3.7 Ak určité podmienky ochranných opatrení nemôžu byť splnené, musí sa uplatniť doplňujúce opatrenie tak, aby sa uplatnením všetkých ochranných opatrení dosiahlo rovnakého stupňa ochrany. [2]

410.3.8 Rôzne ochranné opatrenia uplatnené v rovnakej inštalácii, alebo v jej časti, alebo v zariadení sa nemôžu vzájomne ovplyvňovať tak, aby porucha jedného ochranného opatrenia mohla narušiť ostatné ochranné opatrenia. [2]

410.3.N10 Z hľadiska veľkosti nebezpečenstva úrazu elektrickým prúdom, ktoré môže pri prevádzke elektrického zariadenia vzniknúť, s ohľadom na vonkajšie vplyvy a ich pôsobenie. [2] Kde som následne podľa druhu prostredia roztriedil jednotlivé vplyvy.

- Vnútorne priestory

Pre vnútornú elektrickú inštaláciu platí v dotknutých priestoroch toto triedenie vonkajších vplyvov: AA5, AB5, AC1, AD1, AE1, AF1, AG1, AH1, AK1, AL1, AM1, AN1, AP1, AQ1, BA5, BC2, BE1, CA1, CB1

Všetky triedy vonkajších vplyvov majú charakteristiku požadovanú pre výber a inštaláciu zariadení do normálnych priestorov

- Vonkajšie priestory

Pre dotknuté priestory normálne vonkajšie priestory, priestory zvlášť nebezpečné platí toto triedenie vonkajších vplyvov: AA7, AB7, AC1, AD3, AE1, AF1, AG1, AH1, AK1, AL1, AN2, AP1, AQ2, BA5, BC2, BE1, CA1, CB1, Trieda AD3 – zvlášť nebezpečné, AB8 – nebezpečné.

Uvedené triedy vonkajších vplyvov musia byť pred uvedením zariadenia do prevádzky preverené a potvrdené, alebo oprávnené. AK sa zmení charakter miestností, musia byť prekontrolované, aby dané elektrické zariadenia vyhovovali stanoveným podmienkam.

Podľa noriem ČSN EN 61140 ed. 3 a ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 sme riešili taktiež požiadavky na základnú ochranu, ochranu pred priamym dotykom, alebo pred dotykom živých častí. Živé časti musia byť celkom pokryté izoláciou, ktorú je možné odstrániť iba jej zničením. Taktiež treba zariadenia chrániť prepážkami, alebo krytmi proti vniknutiu živých častí. Umiestnenie zariadenia, aby spĺňalo ochranné opatrenie polohou. Taktiež ochranu uzemnením, ochranné pospojovanie a automatické odpojenie v prípade poruchy. DC stranu sme navrhli tak, aby boli splnené všetky normatívne požiadavky ako automatické odpojenie od zdroja, dvojité, alebo zosilnená izolácia.

1.4.2 Ochrana pred bleskom a prepätím

Predmetom ochrany pred bleskom a prepätím sú striedače a fotovoltaičné panely podľa súboru noriem ČSN EN 62 305. Údery blesku priamo do stavby, alebo mimo nej môžu byť veľmi nebezpečné a môžu spôsobiť škody na stavbe, alebo na jej pridružených elektrických, alebo elektronických zariadeniach. Preto je potrebné dbať na spôsob ochrany pred bleskom. To v akom dôsledku sú potrebné jednotlivé ochrany je stanovené ocenením rizika.

Riziká definujeme ako pravdepodobné priemerné ročné straty na stavbe spôsobené údermi blesku, závisia od:

- Počtu úderov blesku za rok ovplyvňujúcich stavbu.
- Pravdepodobnosti poškodení jedným úderom blesku.
- Priemerným rozsahom následných strát.

Údery blesku pôsobiace na stavbu môžu byť rozdelené na:

- Úder blesku do stavby.
 - Úder blesku v blízkosti stavby priamo do pripojených vedení, alebo v ich blízkosti.
- [3]

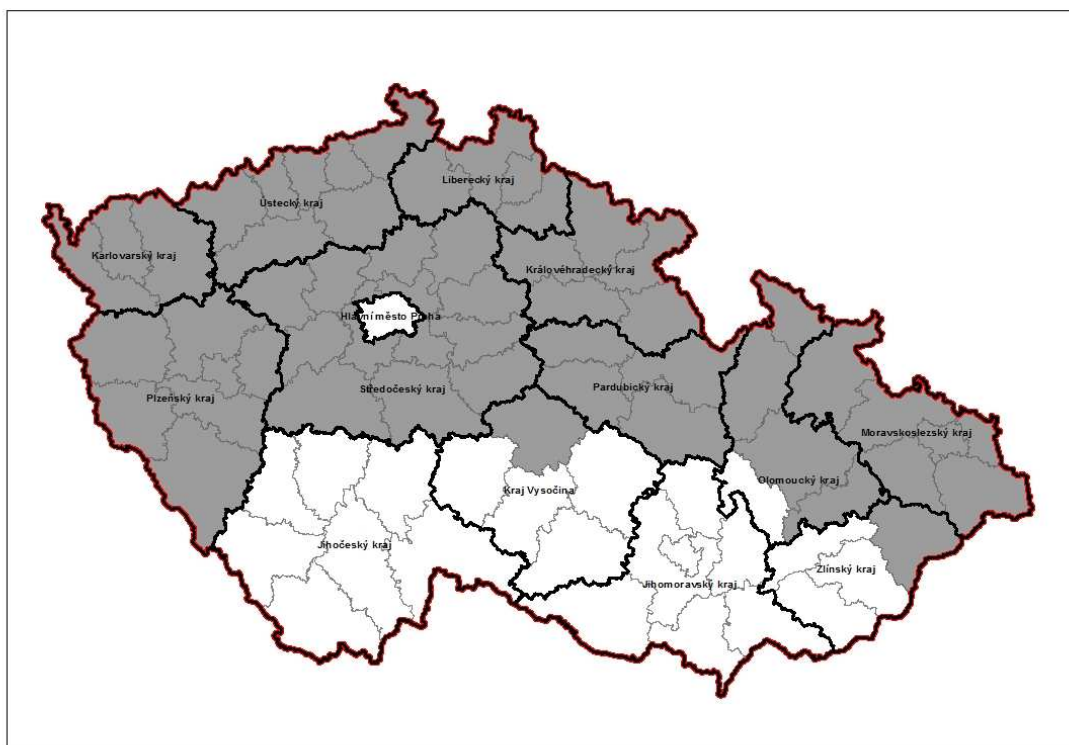
Okrem toho pri údere blesku môžu vzniknúť poruchy spôsobené prepätím a môžu v domových inštaláciách a silových napájacích vedeniach vyvolať nežiadúce účinky ako je prepätie. Na danej budove bola stanovená trieda ochrany LPL III podľa ČSN EN 62 305-2 ed. 2. Jej hlavnou požiadavkou pri zaistení funkcie vnútornej ochrany pred prepätím je inštalácia prepäťových ochrán. Dané ochrany sú umiestnené v rozvádzači +RFV. Pre ochranu DC strany striedačov použijeme kombinovaný zvodič prepätia typu 1 a 2 v prevedení ako monoblok s impulzným bleskovým prúdom 15 kA na pól (vlňa 8 / 20 μ s) na 1020 VDC. Pre ochranu AC strany striedača bude použitý kombinovaný zvodič prepätia bleskových prúdov typu T1 Iimp = 25 kA na pól (vlňa 10 / 350 μ s).

Ochranou stavby z vnútra a v jej blízkom okolí sa zaoberá časť normy ČSN EN 62 305-3 ed. 2. Hlavné a najúčinnnejšie ochranné opatrenie stavieb pred hmotnými škodami tvorí ochrana pred bleskom (LPS), ktorý je zvyčajne zložený z dvoch systémov: vonkajšieho a vnútorného systému ochrany pred bleskom. Parametre LPS (systému ochrany pred bleskom) sú určené charakteristickými vlastnosťami chránenej stavby a uvažovanou hladinou ochrany pred bleskom LPL. [4] V prípade realizácie fotovoltickej elektrárne podľa nami zhotovenej projektovej dokumentácie bude potrebné daný bleskozvod prerobiť aby boli splnené všetky normatívne požiadavky. Navrhnutá fotovoltická elektráreň z hľadiska vnútornej ochrany LPS spĺňa stanovené legislatívne požiadavky. Zabránili sme nebezpečnému iskreniu vnútri budovy pomocou ekvipotenciálneho pospojovania, alebo dostatočnou vzdialenosťou medzi vonkajšími súčasťami LPS.

1.5 Schválenie a uvedenie výroby do trvalej prevádzky

Pre pripojenie výroby a jej uvedenie do prevádzky je nutné okrem vyššie uvedených podmienok uzavrieť s ČEZ Distribuce, a.s., zmluvu o pripojení.

Prvé paralelné pripojenie výroby k sieti je možné spraviť iba na základe PDS. O prvé pripojenie výroby musí výrobca PDS požiadať a súčasne aj predložiť príslušné dokumenty. Výrobňa v danú dobu musí spĺňať technické podmienky dané PDS. Za účelom splnenia týchto podmienok má PDS právo (v súlade so znením PPDS), spraviť takzvaný proces prvého paralelného pripojenia výroby k DS a jej uvedenie do prevádzky. Výsledkom kontroly je vystavenie protokolu o splnení technických podmienok pre uvedenie výroby do prevádzky s distribučnou sústavou ČEZ Distribuce, a.s. [1] Na nižšie uvedenom obrázku môžeme vidieť oblasti, kde nám ČEZ Distribuce, a.s., možnosť pripojenia z pohľadu voľnej kapacity elektrizačnej sústavy na distribučnú sústavu. Šedou farbou sú vyznačené oblasti, kde je možné prebytky z FVE dodávať do distribučnej sústavy.



Obrázok 1.2: Oblasti (označené šedou farbou) kde je možné dodávať prebytky z FVE do distribučnej siete [14]

2 Prírodné a geografické pomery

Pred zostrojením fotovoltaickej elektrárne je potrebné vytvoriť lokálnu analýzu podmienok a prírodných vplyvov. Napriek tomu, že sa môžu v okolí nachádzať namontované fotovoltaické zdroje, neurčuje to také isté podmienky pre našu aplikáciu. A aj v takom prípade, keby sa jednalo o blízke objekty. Veľmi dôležité je zvážiť každý faktor vplývajúci na našu aplikáciu fotovoltaickej elektrárne. Medzi tieto faktory napríklad patrí orientácia plôch, na ktoré chceme umiestniť fotovoltaické panely, ich zatienenie a taktiež aj ich sklon. Veľký dôraz je potrebné brať na dopadajúcu slnečnú energiu v danej oblasti.

2.1 Slnečná energia

Slnečná energia patrí medzi najprístupnejšie a najčistejšie zdroje energie na zemi. Pokrýva až 94 % z kompletného spektra využívanej energie na zemi, či už v priamej, alebo nepriamej forme. Slnko vyhrieva povrch a atmosféru planéty z teploty $-273,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vo vesmíre, až na priemerných $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ pričom má stúpajúcu tendenciu. Tento jav umožňuje vývin a existenciu rôznorodých foriem života. Veľmi opomínanou skutočnosťou je, že skoro všetka energia v rope, zemnom plyne, alebo v uhlí, pôvodne pochádza zo slnka a je uložená prostredníctvom fotosyntézy. Energii zachytenú listami stromov uvoľníme pri pálení dreva. Tak isto pálime aj fosílna palivá a uvoľňujeme z nich energiu, ktorej pôvodcom bolo slnko. Rozhodujúcim faktorom však na konci zostáva obnoviteľnosť poskytnutej energie. V prípade využívania fosílnych palív je možné ich vnímať, ako na obnoviteľný zdroj energie. Ich používanie má mnohokrát vyššiu mieru ako možnosť ich obnovenia.

2.1.1 Slnečné podmienky v Českej republike

Česká republika sa nachádza na severnej pologuli v strede európskeho svetadielu, kde nie sú také dobré podmienky z hľadiska slnečného žiarenia ako napríklad v rovníkových oblastiach. Celkový ročný úhrn dopadajúcej slnečnej energie ovplyvňuje orientácia fotovoltaických panelov vzhľadom ku slnku, zemepisná poloha, doba slnečného svitu, čistota ovzdušia a nadmorská výška.

Celková doba slnečného svitu je od 1400 do 1700 hodín za rok bez oblačnosti. Výber lokality pre využitie slnečného žiarenia najlepšie vystihuje globálne množstvo energie, ktoré dopadne na 1 m^2 ktoré vyplynulo z dlhodobého meteorologického merania. V Českej republike dopadne na 1 m^2 približne 950 až 1300 kWh slnečnej energie, z čoho hlavná časť (cca 75 %) v letnom období. [5]

Pre Moravskoslezský kraj, na základe voľne dostupných máp, z portálu Solargis.com, je možné približne určiť priemerný ročný úhrn intenzity slnečného žiarenia, jeho hodnota je približne 1095 kWh/m^2 ročne (Obrázok 2.1).

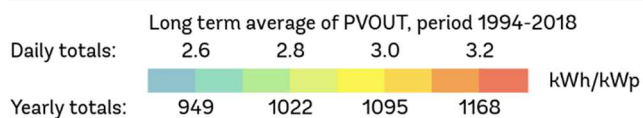
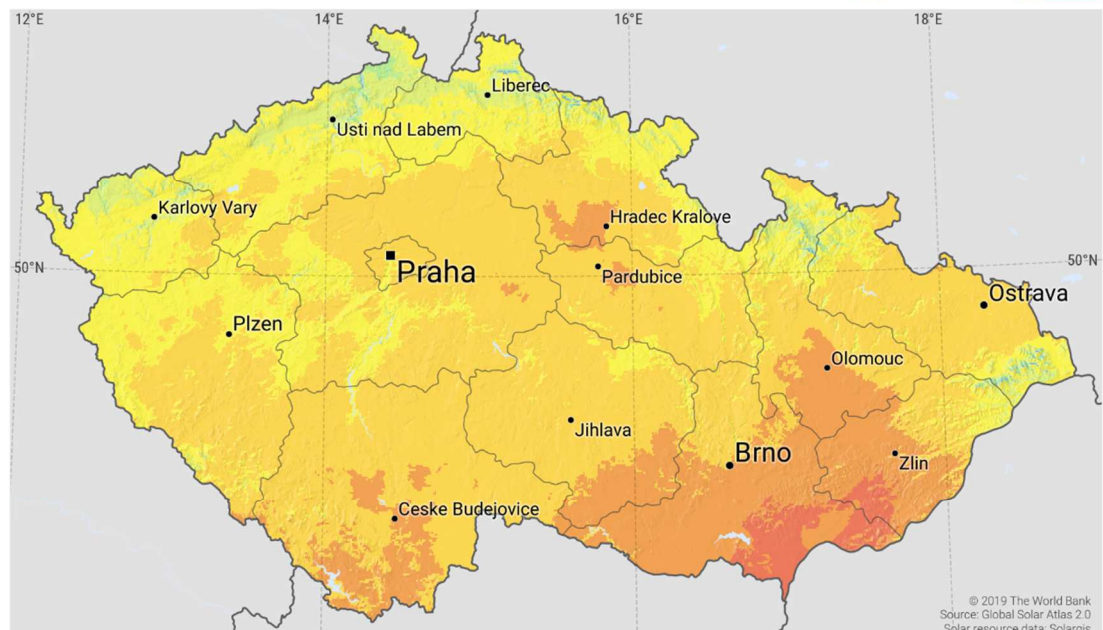
SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL CZECH REPUBLIC



ESMAP

SOLARGIS



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

Obrázok 2.1: Ročný úhrn globálneho slnečného žiarenia [15]

2.1.2 Doba slnečného svitu

Pri získavaní energie zo slnka je dôležitým faktorom doba, počas ktorej dopadá slnečný svit priamo na fotovoltaiický článok. Táto hodnota je tiež ovplyvňovaná geografickou polohou. Lokality bližšie k rovníku dosahujú dlhšie časové úseky slnečného svitu než lokality bližšie k zemskému pólom. V Českej republike sú tieto rozdiely menej výrazné. Čo však veľkou mierou vplýva v danej lokalite pri vychádzaní a zachádzaní slnka, sú prekážky, ktoré tvoria pohoria, okolité stromy a budovy. V letných mesiacoch nie je horizont moc zatienený. Horšia situácia je však v zimných mesiacoch, kedy je slnečného svitu podstatne menej. Tieto prekážky môžu ovplyvňovať dobu slnečného žiarenia a tým znížiť energetické výnosy.

3 Fotovoltaika a jej jednotlivé komponenty

Fotovoltaika je spôsob priamej premeny slnečného žiarenia generujúca jednosmerný prúd a elektrický výkon. Tento fakt zabezpečujú polovodiče, ak sú ožiarené fotónmi (základná jednotka svetla a všetkých ďalších foriem elektromagnetického žiarenia). Pokiaľ slnko žiari na solárny článok, generuje elektrickú energiu. V prípade ukončenia svetelného žiarenia, sa prestane generovať svetelný výkon.

Fotoelektrický efekt bol prvýkrát popísaný v roku 1839 Edmundom Bequerelom. Tento francúzsky fyzik zistil, že isté materiály (polovodiče) produkujú malé množstvá energie, pokiaľ sú vystavené svetlu. Ako ďalší, tento jav popísal Albert Einstein, za čo sa nakoniec stal laureátom Nobelovej ceny. Paradoxne bol až prvý fotovoltaický panel zostrojený v roku 1954 v Bell Laboratories, čo je viac ako sto rokov po jeho objavení. Podstatným hnacím motorom rozvoja technológie bol vesmírny priemysel. Dnes je dôvodov omnoho viac, od snahy vytvárania menšej CO₂ stopy, cez otepľovanie, až po nevyhnutné hľadanie alternatív za vyčerpatelné fosílné palivá. [6]

Polovodiče sú látky, ktorých elektrická vodivosť sa nachádza hodnotou medzi vodivosťou kovu a dielektrika. S prívodom energie sa môžu stať vodivými. Vonkajšie elektróny, v atóme kremíka, tvoria väzby elektrónových párov so susediacimi atómami. V samotnom solárnom článku sú pri sebe dve rozdielne vodivé, polovodičové oblasti. Elektrické pole vzniká medzi kladnou p a zápornou n oblasťou. Toto pole je zapríčinené difúziou nadbytočných elektrónov z n do p polovodiča v priestore pn prechodu. Následne vzniká oblasť s malým počtom voľných nosičov náboja, nazývame ju oblasť priestorového náboja. V n vrstve zostávajú kladné a v p vrstve záporne nabité atómy dotujúceho prvku. Tak vzniká elektrické pole orientované proti smeru pohybu nabitých častíc. V tomto bode difúzia elektrónov končí.

V okamihu dopadu žiarenia na článok energia fotónov uvoľňuje elektróny z ich väzieb v atómovej mriežke. Fotóny sú absorbované a elektróny voľne pohyblivé, pričom na svojej pôvodnej alokácii ponechajú kladný náboj, takzvanú diery. Vnútorne elektrické pole článku spôsobuje, že elektróny aj diery sú priťahované do opačných smerov. Dôsledkom tejto opačnej polarizácie vzniká medzi stranami článku rozdiel potenciálov. Ten sa prejavuje ako elektrické napätie. Po uzavretí obvodu môže tiecť spotrebičom elektrický prúd. Niektoré elektróny však nedosiahnu kontakt, tým pádom sa rekombinujú. Takýto elektrón neprispieva k elektrickému prúdu. Čiže difúzia nosičov náboja spôsobuje vznik napätia. [7]

3.1 Princíp funkcie fotovoltaického článku

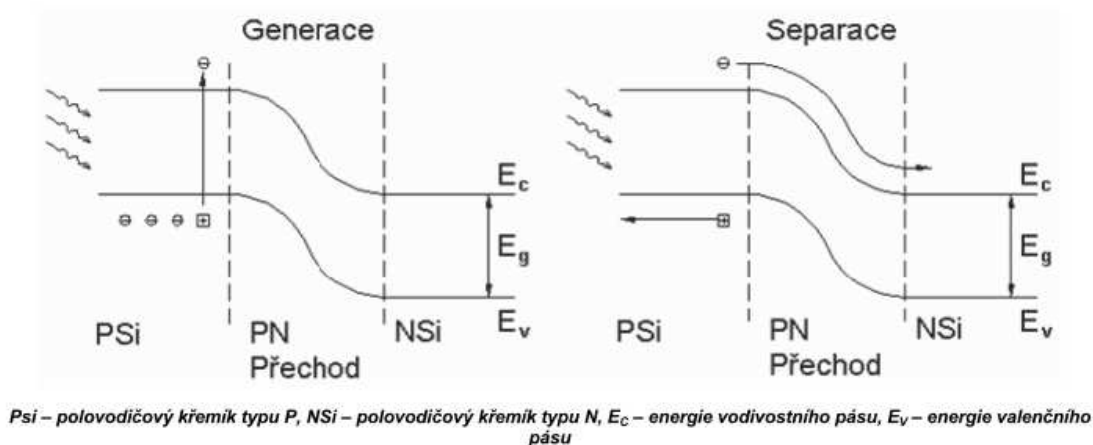
Základom princípu fotovoltaického článku je fotoelektrický jav, pri ktorom sú elektróny uvoľňované z látky v dôsledku absorpcie elektromagnetického žiarenia látkou. Absorpcia je spôsobená interakciou svetla (fotóny) z časticami hmoty (elektróny a jadrá) a môžu nastať tieto prípady:

- Interakcia častice s mriežkou.
- Interakcia s voľnými elektrónmi.
- Interakcia s viazanými elektrónmi.

Pri funkcii fotovoltaických článkov je zásadné, aby fotón zo slnečného žiarenia uvoľnil v látke elektrón a vznikol pár elektrón - diera. V kovoch napriek tomu dôjde k ich okamžitej rekombinácii, ktorej je potrebné zabrániť a vzniknutý náboj teda odvieť z článku. Pre tento účel sa využívajú polovodiče, v ktorých sú elektróny a diery spárované vnútorným elektrickým polom PN prechodu.[5]

Najjednoduchší fotovoltaický článok môžeme teda popísať ako veľkoplošnú diódu s jedným PN prechodom. Aby mohla fotovoltaická premena prebiehať, musia byť splnené nasledujúce podmienky:

- Fotón musí byť pohltý.
- Fotón musí excitovať elektrón do vyššieho vodivostného pásu.
- Vzniknutá dvojica elektrón (-) - diera (+) musí byť separovaná, aby sa znovu nespojila.
- Oddelené náboje sú následne oddelené ku spotrebiču.[5]

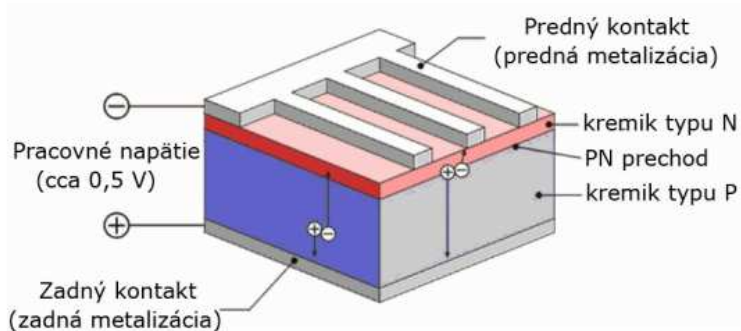


Obrázok 3.1: Princíp priamej premeny energie slnečného žiarenia na elektrickú energiu z využitím fotoelektrického javu [5]

3.1.1 Konštrukcia fotovoltaických článkov

V súčasnosti existuje mnoho rôznych materiálov, z ktorých sú články vyrábané. Najrozšírenejšími sú články vyrábané na báze kremíka. Vzhľadom k šírke zakázaného pásma je u kremíku možné dosiahnuť veľmi vysokej účinnosti vplyvom voľných nosičov dopadajúcich slnečným žiarením. Kremík je taktiež základný materiál pre mikroelektroniku, tým máme veľmi dobre zvládnuté všetky technologické operácie potrebné k vytváraniu štruktúr.

Materiál pre výrobu fotovoltaických článkov z kryštalického kremíku sú kremíkové doštičky (najčastejšie typu P) štvorcového tvaru o rozmeroch až 200 x 200 mm a rezistivite rádovo Ωcm . Počiatok výroby fotovoltaických článkov bol spojený iba s monokryštalickým kremíkom. Potreba zníženia ceny vstupného materiálu viedla v sedemdesiatych rokoch k vývoju multikryštalického kremíku. Táto technológia prispela k ušetreniu materiálov a aj investícií. Vývoj značne priblížil účinnosť článkov z multikryštalického kremíku k účinnosti článkov z monokryštalického kremíku. [5]



Obrázok 3.2: Štruktúra jednoduchého fotovoltaického článku [16]

Jedným zo základných trendov vo vývoji fotovoltaických článkov je znižovanie hrúbky kremíkových doštičiek na 200 - 150 μm , čo vedie spolu so zvyšovaním účinnosti k výraznému zvyšovaniu výkonu článkov, produkovaného rovnakým množstvom kremíku.

3.2 Typy fotovoltaických panelov

Fotovoltaické panely premieňajú dopadajúcu slnečnú energiu na elektrickú. Poznáme tri typy fotovoltaických panelov. Monokryštalické, polykryštalické a amorfné.

3.2.1 Monokryštalické panely

Disponujú vysokou účinnosťou pri ideálnych podmienkach. V našich zemepisných šírkach sú najčastejšie využívané. Kryštály kremíku v týchto článkoch sú väčšie než 10 cm, plocha článkov je rovnomerná, najčastejšie majú štvorcový tvar, ale vyrábajú sa aj šesťhranné, z dôvodu ušetrenia materiálu. Panely majú najčastejšie tmavý odtieň, sú čierne alebo sýto modré.

Je potrebné, aby pozemok alebo plocha kde budú inštalované panely mal ideálny sklon a orientáciu ku slnku. Tým pádom využijeme účinnosť článkov naplno, ktorá sa pohybuje 14 - 18 % a je zo všetkých troch typov fotovoltaických článkov najväčšia. Solárna elektráreň má z týchto panelov pomalší rozbeh, ale keď sa rozbehne dodáva energiu efektívnejšie. Vysoká účinnosť je zaručená v miestach s dobrými svetelnými podmienkami.[8]



Obrázok 3.3: Monokryštalický panel [19]

3.2.2 Polykryštalické panely

Sú charakteristické rovnomerným výkonom pri rozptýlenom svetle. Ich účinnosť je 12 - 17 % je o niečo nižšia ako u monokryštalických panelov. Ich výhoda je v tom, že sú o niečo jednoduchšie a v minulosti bola ich cena nižšia. Dnes sa však cenový rozdiel vyrovná na minimum.

Polykryštalické panely majú typický modrý odtieň a sú tvorené článkami z nerovnomernou plochou, ktorá sa skladá z väčšieho počtu malých kryštálov. Solárna elektrárň z týchto panelov má rovnomernejší výkon a hodí sa tam, kde je určitá odchýlka od ideálnej orientácie. Pokiaľ sa nachádza objekt v miestach, kde svetlo prechádza z boku a je viac rozptýlené, je správnou voľbou použiť práve polykryštalické panely. [8]



Obrázok 3.4: Polykryštalický panel [19]

3.2.3 Amorfne panely

Disponujú vysokou citlivosťou pri nízkej intenzite slnečného žiarenia. Základom panelov je tenká kremíková vrstva naparovaná na sklo alebo fóliu. Účinnosť amorfných panelov sa pohybuje v rozmedzí 7 - 9 % a pre dosiahnutie rovnakého výkonu ako u predchádzajúcich panelov potrebujeme 2,5 x väčšiu plochu. Celoročný výnos je však o 10 % vyšší. Dôvodom je vyššia citlivosť amorfných panelov na rozptýlené slnečné žiarenie. Napätie na článkoch sa preto udržiava aj pri nižšej intenzite slnečného žiarenia.

Amorfny kremík má výhodu. Jeho účinnosť z rastúcou teplotou klesá podstatne pomalšie a nedochádza tak jednoducho k prehrievaniu ako pri kryštalickom kremíku. V letných mesiacoch je z amorfných panelov lepšia výťažnosť. [8]



Obrázok 3.5: Amorfny panel [19]

3.3 Fotovoltaický systém

Reprezentuje transformáciu slnečnej energie až na využiteľnú elektrickú energiu. Je vyhotovený na základe požiadavky zákazníka a musí spĺňať určité požiadavky ako je, správne nadimenzovanie, nastavenie jednotlivých komponentov. Fotovoltaický systém musí spĺňať technické požiadavky, ktoré sú stanovené normou. Systém sa skladá z prvkov, ktoré spĺňajú svoju úlohu v danom celku. Sú to istiace prvky, solárne panely, ktoré sú zdrojom elektrickej energie, striedač, hybridný menič, tie sú pripojené na sieť, meranie vyrobenej elektriny, ovládací panel, z ktorého môžeme ovládať celú elektráreň. Ak je cieľom aj ukladanie elektrickej energie je potrebné vybaviť zostavu batériovým úložiskom.

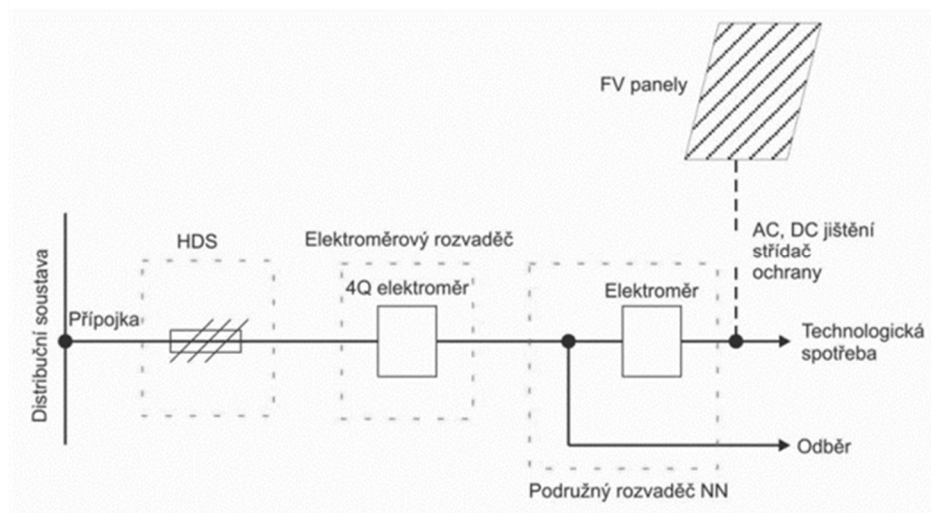
Existujú rôzne kombinácie návrhov solárneho systému, medzi ktoré patria zapojenia grid-on, grid-off a hybridné systémy.

3.3.1 Grid-on systém

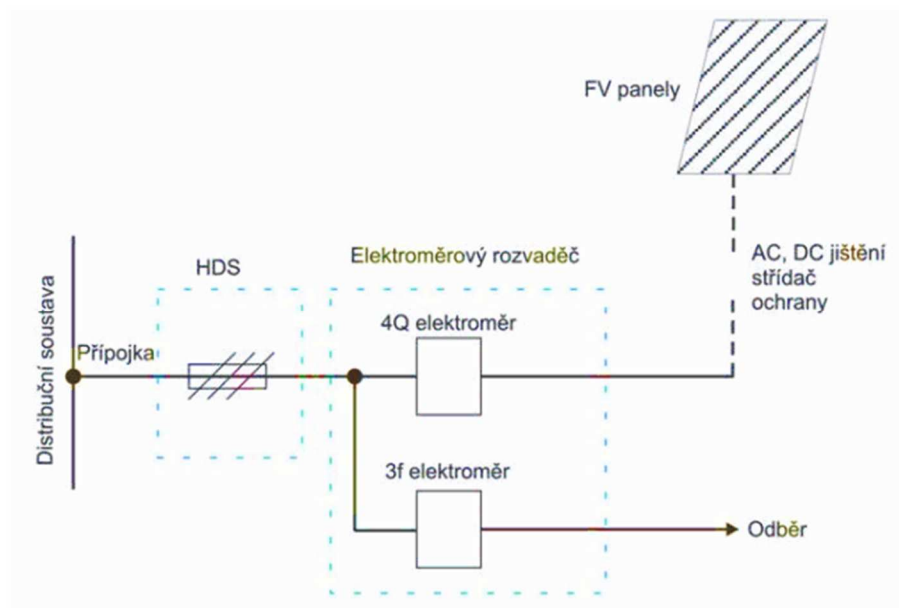
Fotovoltaický systém ktorý, je pripojený na verejnú sieť. Najčastejšie sa skladá z väčšieho počtu fotovoltaických panelov, meniča napätia, zariadenia pre meranie a reguláciu a sieťové ochrany. Pripojenie elektrárne môže byť vyhotovené v dvoch variantách.

Toto zapojenie sa používa v prípadoch, kedy je prevažná časť vyrobenej elektrickej energie spotrebovaná v objekte. Za hlavnú domovú skriňu (HDS) je osadený štvôr kvadrantový elektromer a za ním je napojený domový rozvod a elektráreň pomocou ďalšieho elektromeru vid'. Obrázok 3.3.

Tento systém zapojenia sa používa v prípadoch, kedy je všetka vyrobená elektrická energia dodaná výrobcom do elektrizačnej sústavy. Elektráreň je v tomto prípade pripojená medzi pôvodný elektromer a hlavnú domovú skriňu (HDS) pomocou štvôr kvadrantového elektromeru vid'. Obrázok 3.4. [5]



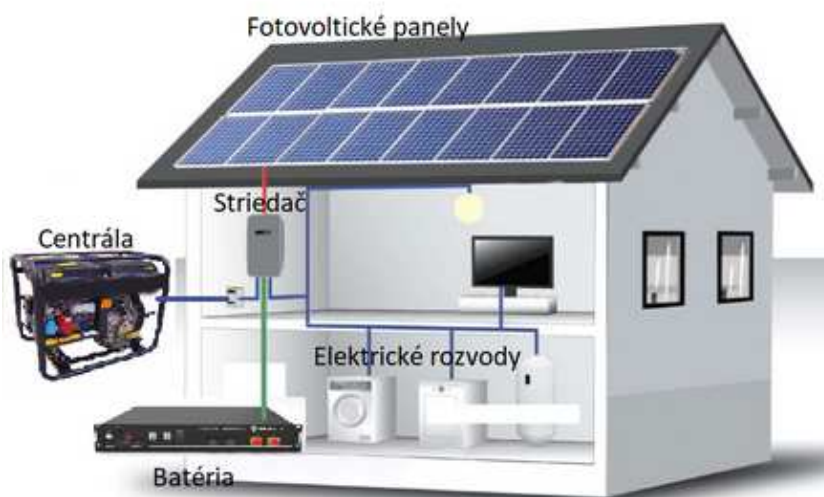
Obrázok 3.6: Zapojenie pre vlastnú spotrebu [5]



Obrázok 3.7: Zapojenie pre dodávanie do siete [5]

3.3.2 Grid-off systém

Autonómny systém používa sa tam, kde nie je dostupná verejná elektrická sieť. Tento systém sa skladá z fotovoltaických modulov, batériového úložiska a ochranných obvodov, ktorý chráni batériu pred nadmerným vybitím alebo prebitím. Väčšie systémy môžu obsahovať aj meniče napätia vid'. Obrázok 3.5. [5]

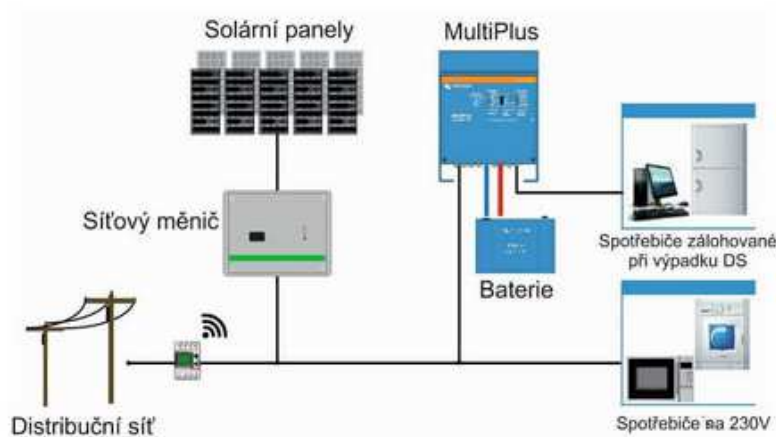


Obrázok 3.8: Zapojenie systému Grid-off [17]

3.3.3 Hybridný fotovoltaický systém

Je v podstate kombináciou klasickej sieťovej elektrárne (Grid-on) a ostrovného systému (Grid-off). Hybridné fotovoltaické systémy majú výhodu v maximálnom využití vyrobenej energie v mieste výroby, buď vo forme elektrickej energie, alebo vykurovania, ohrev teplej úžitkovej vody, klimatizácia, zavlažovanie, prevádzka bazénu, alebo iných predom určených spotrebičov, napriek tomu, aby bolo zbytočne dodané príliš veľa energie do distribučnej siete.

Ďalšou výhodou hybridného systému je, že integrovaná funkcia pre využitie prebytkovej energie vo výkonových špičkách, kedy inteligentný hybridný menič presmeruje prebytočnú energiu v reálnom čase, či s riadeným oneskorením do predom určených, energeticky náročných spotrebičov. Vid'. Obrázok 3.6. [5]



Obrázok 3.9: Hybridný fotovoltaický systém [18]

3.4 Solárny regulátor nabíjania batérií

Solárny regulátor nabíjania reguluje nabíjanie tak, aby sa batéria neprebila. Je to veľmi dôležité pre maximálne využitie životnosti a kapacity batérie. Solárne regulátory pre nabíjanie z FV panelov sú rôznorodé a každý má inú charakteristiku nabíjania. Rozdeľujeme ich na PWM a MPPT regulátory nabíjania. MPPT solárny regulátor je účinnejší o 30 % pri nabíjaní, oproti PWM. Schéma zapojenia celého systému kladie dôraz na maximálnu účinnosť nabíjania batérií zo slnka. Priemer káblov, ktoré použijete na prepojenie solárnych panelov a regulátora nabíjania, je podstatný.[9]

3.5 Solárne meniče (invertory)

Poznáme základné tri typy meničov, ktoré majú špeciálne funkcie pre použitie vo fotovoltaických systémoch.

3.5.1 GRID ON (sieťový menič)

Meniče sú navrhnuté tak, aby sa automaticky vypli pri strate siete z bezpečnostných dôvodov. Neposkytujú záložné napájanie počas výpadkov AC siete. Sú určené na premenu jednosmerného elektrického napätia generovaného na svorkách fotovoltaického panelu po dopade fotónov na sieťové jednofázové, alebo trojfázové striedavé napätie. [10]

3.5.2 GRID OFF (ostrovný menič)

Striedače sa používajú v izolovaných systémoch, kde menič čerpá energiu z batérií DC a batérie sú zásobované energiou z fotovoltaických panelov. Ostrovné meniče môžu tiež obsahovať integrovanú nabíjačku - regulátor nabíjania na doplnenie batérií zo striedavého zdroja prúdu. Takéto OFF GRID systémy sa inštalujú na chaty, karavany a domy bez distribučnej siete. [10]

3.5.3 ON GRID + OFF GRID (hybridné meniče)

Integrovaný hybridný stridač alebo smart grid menič je nová generácia meniča pre špecifické solárne systémy využívajúce obnoviteľné zdroje energie pre domácu spotrebu, a to najmä pre solárne fotovoltaické inštalácie. Elektrická energia zo solárnych panelov je generovaná len v priebehu dňa, s maximom produkcie okolo poludnia. Táto elektrina kolíše a nie je synchronizovaná s elektrickou spotrebou domácnosti. Na prekonanie tejto medzery medzi tým, čo sa vyrába, a na potrebu večernej spotreby, kedy už nie je výroba z FV systému, je nutné uchovávať energiu pre neskoršie použitie a riadiť skladovanie a spotrebu energie. S rozvojom systémov využívajúcich obnoviteľné zdroje energie a rastúce ceny elektriny, súkromné spoločnosti a výskumné laboratória vyvinuli inteligentné meniče, ktoré umožnia koreláciu medzi produkciou a spotrebou energie. [10]

3.6 Ochrany

Aby sa predišlo nebezpečenstvu a neželaným úrazom pri výrobe elektrickej energie z fotovoltaickej elektrárne, je potrebné vybaviť elektráreň patričnými bezpečnostnými prvkami. Je potrebné dbať na kvalitné uzemnenie všetkých častí konštrukcií, najlepšie s uzemňovacou sústavou budovy. Systém je tiež potrebné chrániť pred prepätím, proti preťaženiu, proti spätnému toku výkonu a tiež aj proti atmosférickým výbojom.

3.7 Akumulácia a batérie

Ideálne je využiť výkon fotovoltaických panelov bez medzičlánku akumulácie v batériách. Nie vždy v danom objekte je to však kvôli priebehu spotreby elektriny v rámci dňa možné. Systém s akumuláciou si vyžaduje vyššiu investíciu a návratnosť je tým pádom dlhšia, stále sa však dá dostať na znesiteľnú návratnosť, aj do 10 rokov. Batérie sa dimenzujú tak, aby pokryli výkyvy v rámci dňa a vykryli väčšiu časť spotreby večer a v noci, na dlhší čas je to nákladné a pritom využitie takejto zásoby býva malé.

Pre fotovoltaiku sa čoraz viac presadzujú lítiové batérie (hlavne lítium-železo-fosfátové LiFePO_4 , tiež lítium-iónové Li-ion). Zdá sa, že oloveným (solárnym) batériám už „odzváža“. I keď sme pred 2 - 3 rokmi väčšinou inštalovali olovené batérie (kvôli nastaveniu dotačnej schémy, cene), v súčasnosti sa využívajú lítiové batérie, vydržia 15 - 20 rokov a viac. [11]

3.7.1 Lítiové batérie

(LiFePO_4 aj Li-ion) sa ďalej presadzujú čoraz viac, napriek ich väčšej cene, vo finálnom dôsledku vychádzajú výhodnejšie (pri prepočte na jeden cyklus cena/životnosť). Ceny týchto batérií ustavične klesajú, ale pokles je pomalší ako doteraz. Zdá sa, že keď rozmýšľame o batériách, nemá príliš veľký zmysel rozhodnutie odkladať kvôli poklesu cien, medzi tým by nám mohla batéria ušetriť porovnateľné sumy. [11]

3.7.2 Olovené batérie

Olovené (solárne) akumulátory, sú v princípe trakčné akumulátory – vývoj tejto technológie sa vymedzil v začiatkoch širšieho rozvoja fotovoltaiky na označkovanie trakčných akumulátorov ako „solárnych“. Trakčné batérie sú na opakované cyklické hlboké vybíjanie konštruované (napriek tomu, že sa podobajú na automobilové batérie, majú inak konštruované elektródy). Najvhodnejšie sú akumulátory s tekutým elektrolytom, gélové alebo AGM (absorbed - glass - mat - napustené sklené vlákno) akumulátory majú z princípu výrazne kratšiu životnosť, aj keď sa často ponúkajú, príliš sa k fotovoltaike nehodia. [11]

4 Návrh hybridného fotovoltaického systému

V tejto časti popíšem postup navrhnutia fotovoltaickej elektrárne a jej jednotlivé komponenty, z ktorých sa skladá. Pred začatím návrhu som si bol obhliadnuť daný objekt, ktorý sa nachádza vo Frýdlate nad Ostravicí (Kotelná Centrum športu a relaxácie, TERMO s.r.o.). Po konzultácii s majiteľom budovy sme určili jednotlivé plochy, na ktoré sa budú montovať fotovoltaické panely a taktiež sme si vytypovali miestnosť, kde bude umiestnená celá technológia. V rámci podkladov k budove som dostal jej pôdorys a spotrebu elektrickej energie za jeden kalendárny rok, na základe ktorej budeme neskôr počítat' návratnosť investície. Budova má dve odberné miesta elektrickej energie kde po dohode z majiteľom pripojíme fotovoltaickú elektráreň k odbernému miestu č. 2.

Pri návrhu systému je potrebné dbať na bezpečnosť a bezporuchovosť prevádzky, minimálne požiadavky na údržbu, maximalizovať energetický zisk a minimalizovať straty energie. Fotovoltaickú elektráreň je potrebné vybaviť patričnou ochranou proti prepätiu a zásahu bleskom a to na DC strane a tiež aj na AC strane. Pri návrhu je dobré minimalizovať úseky jednosmerného vedenia za účelom minimalizácie strát vo vedení.

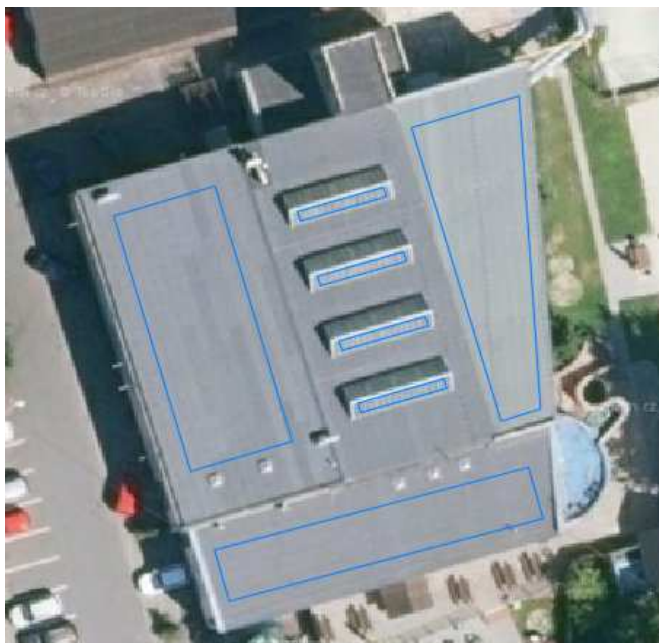
4.1 Hlavná charakteristika systému

Ako zdroj hybridného fotovoltaického systému bude inštalovaných 192 ks monokryštalických panelov. Pre premenu jednosmerného napätia na striedavé budú inštalované tri DC - AC striedače, šesť AC - DC hybridných meničov nabíjačov. Pre akumuláciu bude použitých 24 ks Li - ion batériových pakov.

4.2 Dostupné plochy pre fotovoltaické panely

Na Obrázku 4.1 sú modrou farbou označené všetky plochy, na ktoré sa budú umiestňovať fotovoltaické panely. Všetky tieto plochy sú orientované na juh s minimálnym, vlastne žiadnym tienením od iných objektov. Plochy vykazujú minimálny sklon. Pre upevnenie časti panelov sa použije nosná konštrukcia a časť panelov sa namontuje na stávajúce svetlíky pomocou podpornej konštrukcie.

Pri návrhu elektrárne nemusíme vždy využiť celú plochu, ktorú máme k dispozícii, pokiaľ nám stačí pokryť len určitú časť spotrebovanej energie. V mojom prípade som využil všetky voľné plochy na inštaláciu panelov v súlade s platnými normami. Jedna z požiadaviek investora bola, čo najviac znížiť spotrebu odoberanej energie zo siete. Pri tomto spôsobe dosahuje fotovoltaická elektráreň vysoký špičkový výkon a tým aj veľké vstupné investície. Veľký inštalovaný výkon môže predstavovať výhodu, ale aj nevýhodu, pokiaľ by sme nespotrebovali všetku vyrobenú energiu. Predaj prebytkov vyrobenej elektrickej energie do siete nie je moc zaujímavý v závislosti k výške výkupnej ceny energie. Viac sa nám oplatí vyrobené prebytky elektrickej energie akumulovať do svojho batériového úložiska. Na obrázku 4.1 sú význačné modrou farbou plochy, na ktoré sa budú umiestňovať fotovoltaické panely.



Obrázok 4.1: *Plochy vhodné na montáž fotovoltaických panelov*

4.3 Jednotlivé zostavy a prvky sústavy

4.3.1 Sústava fotovoltaických panelov

Na dostupné plochy som nainštaloval 192 ks monokryštalických kremíkových fotovoltaických panelov, výkon jedného panela 325 Wp, nominálne napätie 33,65 V, nominálny prúd 9,66 A. Rozmery fotovoltaického panela je 1685 mm x 1000 mm x 32 mm.

Solárne pole je vytvárané na streche s malým sklonom (takmer rovnej), na ktorej sa nachádzajú v jednej jej časti svetlíky vid'. Obr. 4.1. Na podpornej konštrukcii je uchytených 164 ks fotovoltaických panelov v súbežných radách s orientáciou na juh zo sklonom 30°. Na podpornej konštrukcii, ktorá kopíruje sklon svetlíka 57° je namontovaných 28 ks fotovoltaických panelov. Fotovoltaické pole je zostavené z piatich paralelných dvojíc, kde štyri stringe pozostávajú z 18 ks FV panelov a jeden string pozostáva z 12 ks FV panelov.

4.3.2 Rozostupy medzi radami panelov

Medzi najdôležitejšie súčasti plánovania návrhu rozmiestnenia fotovoltaických panelov patria rozostupy medzi jednotlivými radami. Veľa rôznych faktorov ovplyvňuje ich ideálne rozmiestnenie, ako napríklad geografická poloha, zatienenie susednými objektami. Cieľom projektanta je pri návrhu fotovoltaickej elektrárne navrhnuť čo najekonomickejšie riešenie. Rozloženie panelov je potrebné navrhnuť tak, aby si navzájom netienili. V projekte som uvažoval rozmiestnenie panelov tak, aby pri zimnom slnovernate nedochádzalo k tieneniu medzi 9:00 hodinou ráno a 15:00 hodinou poobede. V tomto časovom rozpätí, kedy je slnečné žiarenie počas dňa najefektívnejšie, aby nám nevzniklo ekonomicky nerentabilné riešenie.

4.3.3 Výpočet rozostupu medzi panelmi

Na Obr. 4.2 reprezentuje minimálnu vzdialenosť červená neznáma "c". Aby sme sa k nej dopracovali, potrebujeme poznať výšku panela "b", ktorá je funkciou dĺžky panelu a uhlu alfa, pod ktorým je panel inštalovaný. V mojom prípade sa jedná o štandardný panel s rozmermi 1685 x 1000 x 32 mm, z čoho časť panelov je inštalovaných zo sklonom 30° a časť panelov, ktoré kopírujú svetlík zo sklonom 57°.

$$\text{Výška (b)} = \sin(\alpha) * \text{dĺžka(a)} = \sin(30^\circ) * 1,658 = 0,8425 \text{ (m)}$$

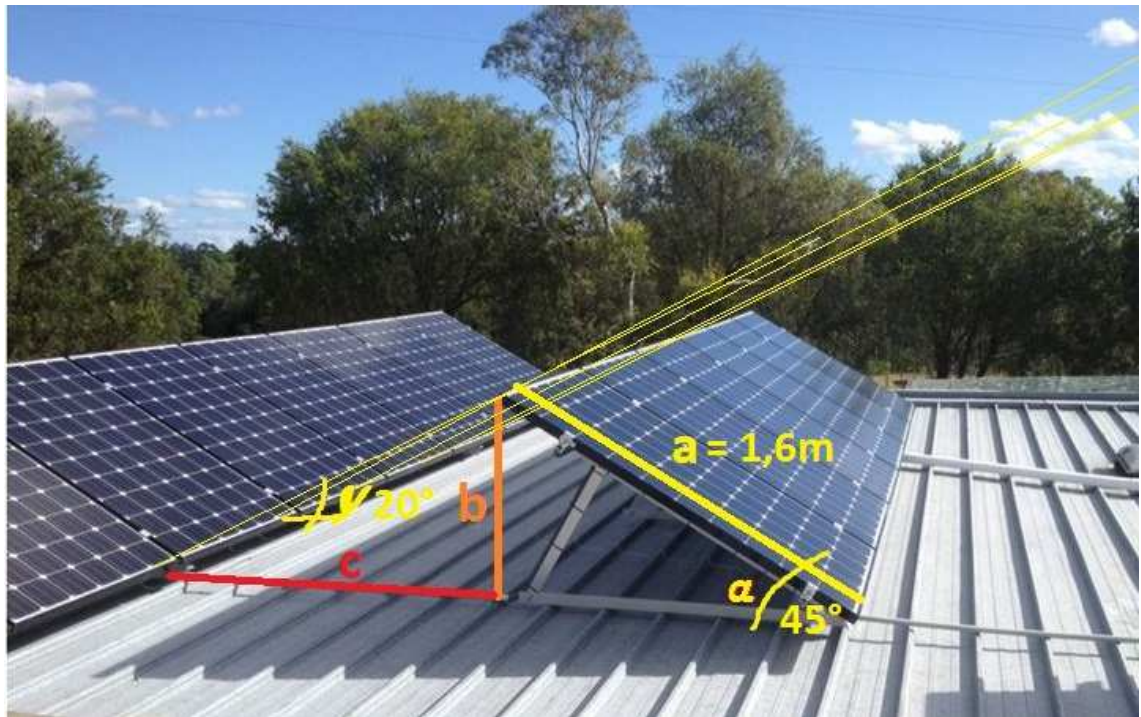
$$\text{Výška (b)} = \sin(\alpha) * \text{dĺžka(a)} = \sin(57^\circ) * 1,658 = 1,3905 \text{ (m)}$$

Pre zaistenie vzdialenosti "c" využijeme goniometrickú funkciu (tg). K tomu nám ešte chýba jedna premenná a tou je uhol gama, ktorý reprezentuje uhol, pod ktorým dopadajú slnečné lúče a tvoria tak tieň. Túto časť počítame s veľmi nízkym uhlom max. 20°, aby panely neboli zatienené ráno alebo večer, keď je slnko nízko.

$$\text{Vzdialenosť (c)} = \frac{\text{Výška (b)}}{\text{tg}(\gamma)} = \frac{0,8425}{\text{tg}(20^\circ)} = 2,32 \text{ (m)}$$

$$\text{Vzdialenosť (c)} = \frac{\text{Výška (b)}}{\text{tg}(\gamma)} = \frac{1,3905}{\text{tg}(20^\circ)} = 3,82 \text{ (m)}$$

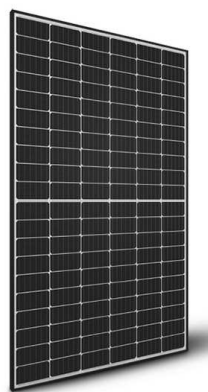
Výsledkom je rozostup medzi jednotlivými radami panelov. Pri sklone 30° je to 2,32 m a pri sklone 57° je to 3,82 m. Tento údaj je kľúčový pre dimenzovanie fotovoltickej elektrárne.



Obrázok 4.2: Rozostupy medzi jednotlivými radami panelov [20]

4.3.4 Navrhnutý fotovoltický panel

Pre navrhovanú sústavu som vybral monokryštalický solárny panel Q-Cells DUO G5 325 Wp. Panel disponuje vysokým výkonom vďaka svojej inovatívnej článkovej technológii Q.ANTUM. Výhodou je nízky koeficient poklesu výkonu so zvyšujúcou sa teplotou, čo je žiadané hlavne v letnom období.



Obrázok 4.3: Fotovoltický panel Q-Cells DUO G5 [19]

Parametre panela:

Výrobca:	Q-Cells
Model:	DUO G5
Maximálny výkon:	325 Wp
Účinnosť:	19,3 %
Nom. napätie:	33,65 V
Nom. prúd:	9,66 A
Prúd nakrátko:	10,14 A
Stupeň ochrany:	IP67
Rozmery:	1685 x 1000 x 32 mm

4.3.5 Inštalované striedače

V navrhnutej sústave som podľa výkonových parametrov použil tri trojfázové striedače (INV101, INV102 a INV103), max. výstupný výkon AC 60 kW, max. výstupný prúd 28,9 A. Striedač v navrhnutej hybridnej fotovoltaickej elektrárni zaisťuje priamu dodávku vyrobenej solárnej elektriny v automatickom režime, nafázovanie na miestnu sieť 3 / PEN AC 400/230 V 50 Hz / TN-C a do batériového systému. Striedače sú vybavené bezpečnostnou ochranou podpäťovou, nadpäťovou, podfrekvenčnou a nadfrekvenčnou, ktoré automaticky odpoja solárne generátory (striedače) od siete pri prekročení nastavených parametrov siete. Ich software je upravený a nastavený podľa podmienok použitia v distribučnej sieti v ČR. FV panely budú pripojené ku striedačom (INV101, INV102 a INV103) solárnymi káblami (+ a -) 6 mm² a strana AC zo striedačov bude pripojená káblom 3 x CYKY- J 5 x 16 mm² do rozvádzača +RFV (do AC časti). Pri montáži a uvedení do prevádzky je nutné dodržať pokyny výrobcu.

Na jeden MPPT regulátor sú pripojené dva stringe paralelne pomocou svorkovnice, ktorá je upevnená na konštrukcii FV panelov. Panely sú medzi sebou a do svorkovnice pripojené solárnymi káblami (+ a -) 4 mm² a zo svorkovnice do jednotlivých striedačov sú zapojené solárnymi káblami (+ a -) 6 mm². Vývody zo svorkovnice sú privedené do jednotlivých rozvádzačov +RFV. Striedač INV103 disponuje rezervou, lebo na jeho regulátor MPPT 2.1 je pripojených 12 ks FV panelov. Veľkosť napätia na DC vetvách (stringu) pri prevádzke závisí hlavne na intenzite dopadajúceho slnečného žiarenia a teplote FV panelu. Pre účely návrhu a dimenzovania zariadení je v tomto projekte uvažovaná max. hodnota tohoto napätia vo výške 1000 VDC. AC výstup zo striedača je istený v rozvádzači +RFV a pripojený do domovej siete.

4.3.6 Navrhnutý Striedač

Pre danú sústavu som navrhol menič Fronius Symo 20.0-3-M. Je to trojfázový beztransformátorový striedač, vhodný pre rôzne systémy. Vďaka pripojeniu k internetu prostredníctvom siete WLAN alebo Ethernet, jednoduchej integrácii iných výrobkov patrí medzi svetovú špičku. Chod celého systému je možné sledovať prostredníctvom webu alebo aplikácie. Disponuje kontinuálnym výkonom v akomkoľvek počasí, MPPT vstupy sledujú globálny

výkonný bod reťazca pre zvýšenie produkcie energie. Jednoduché zapojenie a odpojenie prístroja, ktoré prevedieme priamo na montážnej konzole.

Striedač disponuje naslednými ochrannými prvkami:

- Nadfrekvenčnou a podfrekvenčnou ochranou.
- Prepäťovou a podpäťovou ochranou.
- Stráženie sledu fáz.
- Ochranu proti napäťovej nesymetrii.



Obrázok 4.4: Striedač Fronius Symo 20.0-3-M [21]

Parametre striedača:

- Topológia: beztransformátorová
- Spôsob pripojenia: trojfázové

Vstup (DC):

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| • Počet MPP trackerů: | 2 |
| • Počet DC pripojení | 3+3 |
| • Max. vstupný výkon: | 20000 W |
| • Max. vstupné napätie: | 1000 V |
| • Menovité vstupné napätie: | 600 V |
| • Rozsah MPP napätia: | 420-800 V |
| • Max. vstupný prúd: | 33 A / 27 A |

Výstup (AC):

- | | |
|-----------------------------|-----------|
| • Max. účinnosť meniča: | 98,1 % |
| • Menovitý výstupný výkon: | 20 000 W |
| • Maximálny výstupný výkon: | 20 000 VA |
| • Maximálny výstupný prúd: | 28,9 A |
| • Trieda krytia: | IP 66 |

4.3.7 Inštalované hybridné meniče

Hybridný fotovoltaický menič nám zabezpečí, že takmer všetka vyrobená energia je využitá pre vlastnú spotrebu budovy ako napríklad vo forme elektrickej energie alebo pre ohrev teplej úžitkovej vody, klimatizácia, prevádzka bazénu.

Hybridný systém je tvorený kombináciou ostrovného solárneho systému a klasickej fotovoltaickej elektrárne, pričom zužitkovávame výhody oboch systémov. Jedná sa o sieťovú elektrárňu s vlastnými akumulátormi, ktorá dokáže fungovať nezávisle na distribučnej sieti. Jednou z hlavných častí hybridného systému sú akumulátory, do nich je ukladaná vyrobená energia. Pokiaľ je spotreba vyššia než výroba, alebo v prípade vybitia akumulátorov, začne striedač automaticky odoberať elektrinu zo siete. Výhodou systému sú inteligentné hybridné striedače, ktoré dokážu presmerovať prebytočnú energiu v reálnom čase, či s riadeným oneskorením do elektrických spotrebičov. Pri výpadku energie sa systém chová ako záložný zdroj.

V navrhnutej sústave som použil šesť jednofázových hybridných AC / DC meničov (INV201, INV202, INV203, INV204, INV205, INV206), o výkone 15 kVA, celkom 90 kVA, ktorých výstupy sú pripojené na existujúcu sieť. Po ich nastavení sú schopné výkon do siete dodávať, ale ak v prípade že fotovoltaické panely nie sú schopné vyrobiť dostatok energie na dobíjanie batérii, tak na menič môže byť pripojený generátor alebo sieť, z ktorej mu dodáme energiu na dobíjanie batérií. Na jednu trojicu hybridných meničov (meniče v trojfázovom zapojení) je pripojené batériové úložisko s dvanástimi batériami o výkone 120 kWh. Celková zostava poskytuje výkon 72 kW / 90 kVA, špičkový výkon 150 kW a nabíjací prúd až 200 A. Meniče sú navzájom medzi sebou prepájané kvôli komunikácii konektorom RJ45.

4.3.8 Navrhnutý hybridný menič

Menič Victron Quattro 48 V 15000 VA je výkonný DC - AC striedač s čisto sínusovým napätím, tiež disponuje sofistikovanou nabíjačkou batérií a veľmi rýchlym prepínačom slučky napájania bypassu.

Menič je vybavený dvoma nezávislými AC vstupmi, na ktoré môžeme pripojiť sieť a generátor alebo dva generátory. Zariadenie je schopné sa automaticky pripojiť ku zdroju, ktorý je k dispozícii.

Dva AC výstupy, z ktorých hlavný je vybavený funkciou zabezpečenia dodávky elektrickej energie bez prerušenia. V prípade výpadku siete napája pripojené spotrebiče. Prepnutie do tohto stavu trvá menej než dvadsať milisekúnd. Druhý výstup je pod napätím iba vtedy, keď je na AC vstupe pripojené napájanie. K tomuto výstupu je možné pripojiť záťaž, ktorá by mohla rýchlo vybiť batérie, akou je napríklad klimatizácia.

V paralelnom zapojení môže pracovať až šesť jednotiek. Tri jednotky rovnakého modelu môžu byť zapojené do trojfázového výstupu. Za tým účelom musia byť zariadenia vzájomne prepojené káblami RJ45. V štandardnom režime každé zariadenie pracuje samostatne, je nutné

ich prenastavenie. Najviac však môžeme zapojiť desať trojfázových zostáv, ktoré nám môžu poskytnúť výkon 270 KW.

Victron Quattro je tiež veľmi výkonná nabíjačka batérií. Je schopná odoberať zo siete alebo generátora veľké množstvo energie, až 16 A u každej jednotky. Na vstupe AC prúdu je možné nastaviť limit odberu energie k zabráneniu preťaženiu zdroja.



Obrázok 4.5: Hybridný menič Victron Quattro 48 V 15000 VA [22]

Parametre hybridného meniča:

- 2 x RJ45 konektor pre diaľkové ovládanie a paralelnú trojfázovú prevádzku.
- PowerControl / PowerAssist: ANO
- Vstup striedavého napätia: Vstupný rozsah napätí 187 - 265 VAC; vstupná frekvencia 45 – 65 Hz
- Maximálny prietok prúdu (A): 2 x 100 A

Funkcia striedača:

- Vstupný rozsah napätí: 38-66 V DC
- Výstup: Výstupné napätie: 230 VAC \pm 2% ; frekvencia 50 Hz \pm 0,1%
- Trvalý výkon pri 25 ° C: 15000 VA
- Trvalý výkon pri 25 ° C: 12000 W
- Trvalý výkon pri 40 ° C: 10000 W
- Špičkový výkon: 25 000 W
- Maximálna účinnosť: 96 %
- Výkon pri nulovej záťaži: 80 W

Funkcia nabíjačka:

- Nabíjacie napätie (absorpcia): 57,6 V DC
- Nabíjacie napätie (udržiavacie): 55,2 V DC
- Režim skladovania: 52,8 V DC
- Maximálny nabíjací prúd batérie: 200 A

4.3.9 Inštalované batériové úložisko

Existuje veľa typov batérií, ktoré sú určené pre rôzne aplikácie. Pre akumuláciu energie z fotovoltaickej elektrárne sú najčastejšie využívané olovené akumulátory, LiFePo4 akumulátory alebo Li-Ion akumulátory.

Na základe poznatkov som sa rozhodol použiť Li-Ion akumulátory. Ich životnosť je podstatne dlhšia ako olovených akumulátorov. Investícia do Li-Ion batérií je vyššia, ale ich životnosť je cca 15 - 20 rokov, čiže z dlhodobého hľadiska sa nám oplatí zainvestovať na začiatku a nie meniť olovené akumulátory po 4 - 5 rokoch ich životnosti.

Batérie som dimenzoval tak, aby pokryli výkyvy v rámci dňa a pokryli väčšiu časť spotreby v poobedňajších a večerných hodinách, kedy je v budove najviac zákazníkov. Pre daný objekt som použil dve sady batériových zostáv po 12 ks. Batériová sústava je zapojená paralelne podľa technickej špecifikácie výrobcu. Umiestnené budú v technickej miestnosti na 1. NP. Batérie budú pripojené na vyššie spomenuté hybridné meniče, ktoré ich budú nabíjať a vybíjať predpísaným spôsobom.

4.3.10 Navrhnutá batéria

Batéria BMZ ESS X Li-Ion 48 V 186 Ah, je modulárny batériový systém pre skladovanie elektrickej energie z fotovoltaickej elektrárne. Zvyšuje nezávislosť na dennom svetle a verejnej sieti. Veľkosť požadovanej kapacity je možné doceliť jej paralelným zapojením viacerých modulov. Batéria disponuje vstavanými balancérmi, monitoringom a ochranami.

Bezpečnostné prvky batérie:

- Stráženie podpätia alebo prepätia každého článku s odpojením redundantným k hlavnému odpojovaču.
- Sledovanie teploty článku a nadprúdová poistka v každom článku
- Aktívne riadenie prúdu ako funkcie napätia a teploty článku.
- Ochrana proti hlbokému vybitiu alebo inej závažnej chybe.



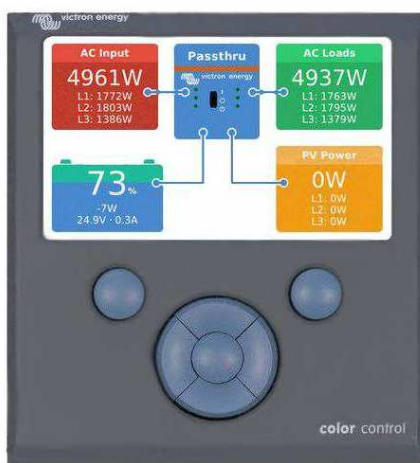
Obrázok 4.6: Batériové úložisko BMZ [23]

Parametre batérievej zostavy:

• Energia nominálna:	2x120,72 kWh
• Energia využiteľná:	2x96,6 kWh
• Nom. napätie:	54,0 V
• Koncové nabíjacie napätie:	61,5 V
• Koncové vybíjacie napätie:	45,0 V alebo dosiahnutie 0% SOC
• Nominálna kapacita:	2x2235,6 Ah
• Maximálny nabíjací prúd (trvalý):	2x1080 A
• Maximálny vybíjací prúd (trvalý):	2x1920 A
• Maximálny vybíjací prúd (okamžitý):	2x3600 A (3 sec.)
• Maximálny vybíjací výkon:	2x216 kW
• Efektivita cyklu nabití/vybití:	97%
• Životnosť:	5000 cyklov pri 80% DoD
• Stupeň krytia:	IP 21
• Váha:	2x1188 kg
• Rozmery jednej batérie sú:	638 x 487 x 421 mm (š x v x h)

4.3.11 Navrhnutý ovládací panel

Pre fotovoltackú elektrárňu som použil ovládací panel Victron Energy Color Control GX, ktorý vykonáva komplexnú správu systému, riadenie a vzdialený monitoring. Stav elektrárne nám zobrazí na zabudovanom displeji. Možnosť do tohto zariadenia pripojiť širokú škálu meničov, sledovačov, batériových úložísk. Komunikácia medzi jednotlivými prvkami je zabezpečená pomocou konektora RJ45. Čiže v navrhnutej sústave som prepojil jednotlivé komponenty a pripojil ich podľa manuálu na predom určené svorkovnice. Zariadenie je možné pripojiť na internet cez ethernetový kábel, alebo pomocou Wifi. K zariadeniu je možné si stiahnuť aplikáciu do mobilného telefónu a ovládať (kontrolovať) celú fotovoltackú elektrárňu na diaľku. Pred spustením do prevádzky je potrebné celé zariadenie nastaviť podľa požiadaviek investora.



Obrázok 4.7: Ovládací panel Victron Energy Color Control GX [24]

Parametre zariadenia:

- Veľkosť displeja: 98 x 57 mm
- Rozsah napájacieho napätia: 9 -70 V DC
- Hmotnosť: 400 g
- Rozsah pracovných teplôt: -20 až +50 °C
- Rozmery: 120 x 130 x 28 mm (š x v x h)

4.3.12 Vyvedenie výkonu

Výkon fotovoltaickej elektrárne zo solárnych panelov bude privedený solárnymi káblami 6 mm² do striedačov DC/AC. Zo striedačov DC/AC je výkon vyvedený káblom CYKY-J 5 x 16 mm² do rozvádzača +RFV. Z rozvádzača +RFV je výkon zo striedačov vyvedený káblom CYKY-J 5 x 16 mm² do stávajúceho rozvádzača +RH.

4.3.13 Káblové trasy

FV panely budú (v stringu) paralelne prepojené káblami (4 mm²) do svorkovnice pripevnenej na konštrukcii FV panelov. Zo svorkovnice, z mínus a plus pólu budú solárne káble s konektormi MC4 vedené ku striedačom (INV101, INV102 a INV103). Zo svorkovnice budú použité solárne káble (6 mm²), budú upevnené k nosnej konštrukcii pod FV panely sťahovacími UV odolnými páskami. Zo strechy sú solárne káble vedené v žľabe, alebo v UV odolnej trubke. Zo striedačov (INV101, INV102 a INV103) bude ďalej vedený dátový kábel do riadiacej jednotky (ovládacieho miesta), ktorá bude slúžiť k monitorovaniu a regulácii dodávaného výkonu. Strana AC zo striedačov bude pripojená káblom 5 x CYKY- J 5 x 16 mm² do rozvádzača +RFV (do AC časti). Z rozvádzača +RFV je ďalej vedený kábel CYKY-J 5 x 16 mm² do rozvádzača +RE. Kábel bude vedený spoločne s ovládacím káblom WG (CYKY-O 3 x 1,5 mm²). Z rozvádzača +RE je vedený vodič CYA 16 mm² do ochrannej prípojnice (HOP). Z rozvádzača +RFV je vedený kábel CYKY-J 5 x 16 mm² do stávajúceho rozvádzača +RH. Jednotlivé prierezy vodičov sú navrhnuté podľa platných noriem.

4.3.14 Rozvádzač +RFV

Pri štandardnej manipulácii s poistkami je nutné najskôr vypnúť striedač na AC strane, až potom odopnúť jednosmerný vypínač na striedači. Rozvádzač +RFV je 26 modulový IP65, bude umiestnený v technickej miestnosti na 1.NP na stene, z ktorého je inštalované vyvedenie do domovej siete budovy, sieťová ochrana, prepäťová ochrana, podružný elektromer vyrobenej energie, AC istenie striedača.

4.3.15 Uzemnenie a ochranné pospojovanie

Uzemnenie je prevedené v súlade hlavne s ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, ČSN 33 2000-5-54 ed. 3. U striedačov bude inštalovaná Hlavná Ochranná Prípojnice (HOP), na ktorú budú privedené uzemnenia prepeťových ochrán a uzemnenia striedačov. Prípojnice bude uzemnená vodičom CYA35 mm². Jednotlivé prierezy vodičov sú navrhnuté podľa platných noriem.

4.3.16 Vypnutie fotovoltaickej elektrárne

Fotovoltaickú elektráreň možno vypnúť (odpojiť od distribučnej siete) ističom na AC strane striedačov –FA101.1, FA102.1 a FA103.1 (63 A) v rozvádzači +RFV, ktorý bude umiestnený v technickej miestnosti na 1.NP na stene, alebo pomocou HDO z distribučnej sústavy vybavením stýkača –QA101, QA102 a QA103 tým dôjde k vypnutiu striedačov na AC strane.

Upozornenie:

Pri akejkoľvek manipulácii, oprave, údržbe a pod. striedače, je nutné najskôr vypnúť AC stranu a potom DC stranu!

4.4 Energetická náročnosť budovy

Energetická náročnosť budovy je hodnotená z hľadiska celkovej dodanej energie, ktorá bola danou budovou spotrebovaná alebo vyrobená. Požiadavky sú kladené na energetickú náročnosť budovy pri jej výstavbe, pri prestavbe dokončenej budovy, energetickú klasifikáciu pri predaji alebo prenájme.

4.4.1 Energetický audit

Energetickým auditom sa rozumie správa, ktorá obsahuje informácie o existujúcej alebo predpokladanej úrovni využívání energie v budovách. Stanoveným technickým popisom, ekologicky a ekonomicky efektívnych návrhov na zvýšenie úspor energie alebo zvýšenie energetickej účinnosti.

Hodnota celkovej spotreby energie pre fyzické a právnické osoby je od 35 000 GJ za rok. Ak je súčet za všetky budovy a energetické hospodárstvo uvedené osoby a týka sa iba jednotlivých budov a energetických hospodárstiev, ktoré majú spotrebu energie nad 700 GJ za rok.

Hodnota celkovej spotreby energie pre organizačné zložky štátu, organizačné zložky krajov a obcí a príspevkových organizácií je od 1 500 GJ za rok. Ak je súčet za všetky budovy a energetické hospodárstvo uvedené osoby a týka sa iba jednotlivých budov a energetických hospodárstiev, ktoré majú spotrebu energie nad 700 GJ za rok.

Audit môže spracovať špecialista podľa § 10 odst. 1 písmena a, zákona o hospodárení energií 406/2000 Sb. [12]

4.4.2 Energetický posudok

Je písomná správa obsahujúca informácie o posúdení plnenia predom stanovených, ekologických a ekonomických parametrov určených zadávateľom energetického posudku vrátane výsledkov a vyhodnotení.

Nový dokument o hospodárení energií podľa §9 a. Je primárne určený ako zjednodušený dokument preukazujúci napríklad splnenie podmienok dotačných titulov, monitorovacie správy udržateľnosti realizovaného projektu, technické posúdenie, ekonomické a ekologické uskutočniteľnosti. [12]

4.4.3 Preukaz energetickej náročnosti budovy (PENB)

Je doklad o kvalitatívnych energetických vlastnostiach budovy, ktorý určuje, do akej miery je dom energeticky hospodárny. Jedná sa o nástroj na preukázanie splnenia podmienok platnej legislatívy pre nové a väčšie rekonštrukcie. Nástroj pre klasifikáciu existujúcich budov a majetku štátu alebo budov určených pre predaj alebo prenájom. Hospodárnosť domu sa určuje výpočtom, ktorý vyjadruje množstvo energie potrebnej na splnenie všetkých energetických potrieb súvisiacich s užívaním domu.

V novej vyhláške je zavedená nová metodika hodnotenia cez referenčnú budovu. Budú novo stanovené ukazovatele energetickej náročnosti budovy, celková primárna energia,

neobnoviteľná primárna energia, celková dodaná energia, dodané energie pre technické systémy vykurovanie, chladenie, vetranie, úprava vlhkosti vzduchu, príprava teplej vody, osvetlenie, priemerný súčiniteľ prestupu tepla, súčiniteľ prestupu tepla jednotlivých konštrukcií na systémovej hranici a účinnosti technických systémov. [12]

Povinnosť spracovať preukaz je daná zákonom o hospodárení energií 406/2000 Sb. v poslednom platnom znení.

4.4.4 Platnosť energetického preukazu (certifikátu)

Platnosť energetického certifikátu je najviac desať rokov. Pred uplynutím určenej platnosti stratí platnosť vykonávaním stavebných úprav budovy, ktoré majú vplyv na jej energetickú hospodárnosť. Majiteľovi certifikovanej nehnuteľnosti vyplýva zo zákona povinnosť uchovávať energetický certifikát počas jeho platnosti. Pri predaji takejto nehnuteľnosti musí majiteľ uviesť ukazovateľ energetickej hospodárnosti a certifikát následne odovzdať novému majiteľovi. Pri prenajme objektu stačí nájomcovi odovzdať kópiu. [13]

4.4.5 Triedy energetickej náročnosti budovy

Na základe získaných hodnôt sa budova začlení do energetickej triedy A - G. Výsledná energetická trieda budovy je daná súčtom jednotlivých potrieb energie a vyjadruje celkovú potrebu energie budovy v kwh / m². Následne sa budova zatriedi podľa globálneho ukazovateľa primárnej energie. [13]



Obrázok 4.8: Jednotlivé triedy energetickej náročnosti budov

4.4.6 Požiadavky na nízkoenergetické budovy

Na dosiahnutie nízkoenergetického štandardu je potrebné splniť viacero podmienok. Základnou požiadavkou je dosiahnutie úrovne dodávaného tepla na vykurovanie v množstve maximálne $50 \text{ kWh} / \text{m}^2$ úžitkovej plochy za rok. V prípade pasívnych domov nemôže táto hodnota prekročiť hranicu $15 \text{ kWh} / \text{m}^2$ za rok. Vybudovať si kompletný pohľad na stavbu, pri ktorej treba zohľadniť tvar domu, jeho orientáciu, materiály, z ktorých má byť dom postavený, energetickú náročnosť, vykurovanie, ohrev teplej vody, konštrukciu strechy, okná, systém vetrania, prípadne ďalšie technológie, ktoré môžu byť pri dosahovaní žiadaného štandardu osožné, nie je vôbec jednoduché. [13]

4.4.7 Energetická náročnosť predmetnej budovy

Zo zadania diplomovej práce mi je jedným bodom určené zhodnotiť dopadajúce vplyvy navrhutej fotovoltaickej elektrárne na energetickú náročnosť budovy. Táto téma je veľmi rozsiahla a bolo by možné napísať o nej celú prácu. Vyššie v práci som popísal požiadavky, ktoré by museli byť splnené, aby budova dostala energetický štítok. Ako prvú vec, by sme museli vytvoriť energetický audit. K tomuto auditu je potrebných veľa informácií, napríklad o použitých stavebných materiáloch budovy a ich energetické vlastnosti.

Keďže momentálne nedisponujem vypracovaným energetickým certifikátom predmetnej budovy, tak na základe toho si nedovolím tvrdiť, v akej energetickej triede sa budova nachádza. Pre ukážku by som to mohol odhadnúť podľa spotrebovanej energie budovy za rok. Vypočítal som si, koľko spotrebuje budova energie na štvorcový meter za rok a to je $166 \text{ kWh} / \text{m}^2$. Čiže podľa tabuľky A. 1 môžeme zaradiť budovu do energetickej triedy D. Túto triedu som určil iba na základe odoberanej energie zo siete na meter štvorcový, čiže určená energetická trieda sa môže líšiť na základe zlého súčiniteľa prestupu tepla materiálov, ktoré neviem vylúčiť. Podľa výzoru budovy sa jedná o staršiu budovu, kde pri výstavbe nebol braný taký dôraz na jednotlivé tepelné priepustnosti materiálov, čo by jej energetickú triedu mohlo o nejaký stupeň zhoršiť.

U predmetnej budovy na zlepšenie energetickej náročnosti by bolo potrebné odstrániť nedostatky a zlepšiť izolačné vlastnosti. Teda po rozsiahlej rekonštrukcii vykonať energetický audit, na základe ktorého by sa dalo presne určiť zlepšenie energetickej náročnosti. Tým pádom by nám navrhnutá hybridná fotovoltaická elektráreň zabezpečila posun k splneniu prísnejších energetických podmienok (zlepšenie jej energetickej triedy).

Tabuľka 4.1 *Energetické triedy pre jednotlivé kategórie*

Energetická trieda rodinného domu	Celková spotreba energie domu za rok (kWh / m ²)
A	≤ 54
B	55 - 110
C	111 - 165
D	166 - 220
E	221 - 275
F	276 - 330
G	> 330

4.5 Ekonomické zhodnotenie

Cenová kalkulácia, ktorá reprezentuje investičný zámer je podstatným prvkom pre každého investora. Na základe cenovej kalkulácie môžeme zhodnotiť predstavy investora od navrhnutého reálneho projektu. Určuje nám či daný podnikateľský zámer bude zrealizovaný. Taktiež nám určuje, či daný návrh bude finančne výnosný. Investor si musí na základe vypracovanej ponuky rozhodnúť, či spĺňa želané požiadavky návratnosti a výnosnosti projektu.

Cenová kalkulácia je iba informatívna. Jednotlivé ceny sú uvádzané na základe existujúcich internetových obchodov.

Tabuľka 4.2: *Prehľadová cenová kalkulácia*

Č.	Popis	Cena celkom
1	Jednotlivé prvky technológie	6 697 386,82,- Kč
2	Inštalачný materiál technológie	
3	Konštrukčné prvky	
4	Montážne a elektroinštalачné práce	813 750,- Kč
5	Projekčné a revízne práce	135 625,- Kč
	Celkom	7 675 516,47,- Kč

Keď sa rozhodneme pre inštaláciu fotovoltaiickej elektrárne musíme rátať s tým, že je to dlhoročná investícia a jej návratnosť nemusí byť taká rýchla, ako sme si predstavovali. Preto pri jej návrhu netreba šetriť, ale vyberať v danej dobe najefektívnejšie riešenia aj keď nie sú moc cenovo prívetivé. Čím je prístroj kvalitnejší tým sa predpokladá aj jeho dlhá doba životnosti. Z tabuľky môžeme vidieť, že najväčšiu sumu predstavujú jednotlivé zariadenia elektrárne. Najdrahšie sú tie, ktoré je technologicky obtiažne vyrobiť ako fotovoltaiické panely, batérie, meniče. Ceny jednotlivých prác tvoria tiež značnú záťaž, ale s porovnaním nákladov na technológiu sú takmer zanedbateľné. Podrobnú cenovú kalkuláciu nájdeme v priložených prílohách.

4.6 Návratnosť Investície

Návratnosť investície fotovoltaickej elektrárne zásadne ovplyvňuje cena elektriny za jej predaj a výkup. Čím drahšiu elektrickú energiu nakupujeme, tým sa nám investícia rýchlejšie vráti. V čase životnosti elektrárne sa mení cena elektriny, ktorú domácnosť nakupuje, ale tiež sa mení hodnota peňazí. Dôležité je nezameriavať sa na aktuálne ceny, ale je potrebné zahrnúť aj ich nasledujúci vývoj.

Uvažované parametre pri výpočte návratnosti investície:

- Celková cena navrhnutého systému: 7 675 516,47,- Kč
- Inštalovaný výkon: 64,2 MWh
- Výkupná cena elektrickej energie: 0,8,- Kč
- Cena elektrickej energie zo siete: 4,5,- Kč
- Ročné navýšenie výkupnej ceny elektriny: 2 %
- Ročné navýšenie ceny elektriny zo siete: 5 %
- Spotreba elektrickej energie z vlastnej výroby: 80 %
- Zníženie výkonu ročne vplyvom starnutia: 0,7 %

Tabuľka 4.3: *Návratnosť investície pri rozdielnej spotrebe elektrickej energie z vlastnej výroby*

Spotreba elektrickej energie z vlastnej výroby (%)	Výnos za dvadsať rokov prevádzky (,- Kč)	Orientačná návratnosť investície (Roky)
70	4 592 902	34
80	5 046 722	31
90	5 500 542	28
100	5 908 981	26

Do výpočtu návratnosti nám zasahuje veľa premenných, ktoré súvisia s aktuálnym, ale aj z dlhodobým vývinom cien. Pri výpočte som použil vyššie uvedené parametre, ktoré som bral do úvahy. Treba zistiť, či je možné o nejakej návratnosti možné uvažovať.

Z tabuľky môžeme vidieť, že návratnosť veľkým spôsobom ovplyvňuje spotreba elektrickej energie z vlastnej výroby. Čím viac spotrebujeme vlastnej vyrobenej energie, tým sa nám zníži návratnosť investície. Ak využijeme 100 % vyrobenej elektriny, potom máme návratnosť 26 rokov. V takom prípade sa nám vôbec neoplatí vyrobenú energiu predávať, pokiaľ zostanú výkupné ceny tak malé. Ak je životnosť systému približne tridsať rokov, potom treba zvážiť, či sa nám oplatí projekt realizovať.

Záver

Cieľom práce bolo navrhnuť hybridný fotovoltaický systém za účelom úspory elektrickej energie a modernizácie systémov danej budovy.

Na začiatku práce boli popísané dané legislatívne a normatívne požiadavky na zostrojenie fotovoltaickej elektrárne. Popísal som jednotlivé podmienky, ktoré treba splniť aby bolo možné elektrárňu pripojiť do siete, jej diaľkové ovládanie, ktoré je realizované pomocou HDO. Potrebne technické požiadavky, ktoré musí spĺňať každá elektrárňu podľa jej inštalovaného výkonu. V ďalších úsekoch som popísal jednotlivé ochrany, ktorými musí disponovať každá elektrárňu. Taktiež v tejto časti som popísal jednotlivé vplyvy pre vonkajšie a vnútorné systémy, ktoré s tým súvisia. V nasledujúcej kapitole sú popísané geografické pomery prostredia, v ktorom sa nachádza elektrárňu. V tejto časti sú tiež popísané jednotlivé princípy všetkých komponentov, z ktorých sa skladá predmetná elektrárňu, taktiež jednotlivé typy fotovoltaických systémov, ktoré je možné zostrojiť.

Pre správne pochopenie problematiky je nutné si uvedomiť hlavný nedostatok výroby elektriny zo slnka. Výroba elektriny zo slnka je bohužiaľ v inom čase, ako ju potrebujeme. Najviac sa vyrába v lete a cez deň, ale najväčšia spotreba je v zime a v noci. Výnimkou sú plne klimatizované objekty, kde je najväčšia spotreba v lete a cez deň. Preto bolo potrebné nájsť vhodné riešenie a tým je hybridný fotovoltaický systém. Veľkosť fotovoltaickej elektrárne bola navrhnutá na maximum možnej využiteľnej plochy, aby sa dosiahla čo najväčšia úspora elektrickej energie. Pre toto riešenie som spracoval hĺbkový návrh, aj keď nie je úplne najekonomickejší z dôvodu veľkej spotreby energie budovy. Vypracovaná je kompletná projektová dokumentácia na základe, ktorej po zvážení investora je možné ju aplikovať v praxi. Projekt zahŕňa ekonomickú analýzu, ktorej súčasťou je vypracovaná cenová ponuka a návratnosť celej investície. Fotovoltaická elektrárňu nám vyrobí ročne 64,2 MWh pri investícii 7 675 516,47,- Kč a dosahuje návratnosť 26 rokov. Taká dlhá návratnosť vyšla predovšetkým preto, lebo bolo použité v zapojení veľké batériové úložisko. Keby sme zostrojili elektrárňu bez batériového úložiska, tak by sa nám návratnosť projektu zmenšila o štvrtinu, ale už by nespĺňala požiadavky investora. Keďže sa jedná o väčšiu budovu, je potrebné pouvažovať, či by nebolo vhodnejšie najskôr zamedziť jej tepelným únikom a až potom sa púšťať do realizácie takéhoto veľkého projektu. Na základe zistených výsledkov vyplýva, že investícia do fotovoltaického systému nie je až tak výnosná, ako by sme si predstavovali.

V dnešnej dobe je žiadúce vyrábať elektrinu z alternatívnych zdrojov a ukladať ju v batériách. Výskum a vývoj v rámci batérií je enormný, do budúcnosti sa dá určite rátať z ich pokrokom na základe ktorého by poklesla aj ich cena čo by nám výrazne pomohlo. Taktiež poznáme rôzne štúdie ako ukladať energiu napríklad do vodíka, preto by nebolo do budúcnosti od veci porozmýšľať ako inak a efektívnejšie ukladať vyrobenú energiu. Taktiež by nám pomohlo k dosiahnutiu lepších výsledkov doprojektovať manažment, ale to už nechám na budúcich diplomantov ktorí by mohli túto prácu rozšíriť, vylepšiť jej určité úskalía.

Použitá literatura

- [1] Připojovací podmínky pro výrobní elektřiny: pro připojení na síť ČEZ Distribuce, a.s. [online]. 2012 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z:
https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/cezdistribuce_pripojovacipodminkyve_201206_preview7.pdf
- [2] Elektrické instalace nízkého napětí ČSN 33 2000-4-41 ed.2: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem. In: . 2007.
- [3] Ochrana před bleskem ČSN EN 62305-2 ed.2. In: . 2013.
- [4] Ochrana před bleskem ČSN EN 62305-3 ed.2. In: . 2012.
- [5] Mastný, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [6] KNIEGER, G. How Do Photovoltaics Work? NASA, 2002 [cit. 14.4.2020] Dostupné z:
<http://science.nasa.gov/science-at-nasa/2002/solarcells/>
- [7] HASELHUHN, R. Fotovoltaika: Budovy jako zdroj proudu. Ostrava: HEL, 2010. ISBN 978-80-86167-33-6
- [8] Typy solárních panelů – co bychom o nich měli vědět? [online]. Innogy, 2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.elektrinazeslunce.cz/faq-typy-solarnich-panelu>
- [9] SOLÁRNY REGULÁTOR NABÍJANIA [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://kremik.sk/530-solarny-regulator-nabijania>
- [10] Fotovoltické solárne meniče. [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://eu-power.sk/fotovoltika/fotovolticke-menice/>
- [11] Akumulácia a batérie pre fotovoltiku [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.quest.sk/fotovolticke-panely/domaca-elektraren/baterie-akumulacia/>
- [12] Energetická náročnosť budov - definice pojmu [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- [13] Čo by ste mali vedieť o energetickej certifikácii nehnuteľnosti [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://mojdom.zoznam.sk/cl/100509/1458919/Co-by-ste-mali-vediet-o-energetickej-certifikacii-nehnutelnosti>
- [14] Možnosti připojování nových výroben [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/potrebuji-vyresit/moznosti-prip-novych-vyroben.html>
- [15] Solar resource maps of Czech Republic [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/czech-republic>

- [16] Fotovoltaické systémy pro výrobu elektřiny [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/seniori/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>
- [17] Off-Grid fotovoltický (fotovoltaický) systém [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.ezos.sk/Off_Grid_fotovolticka_elektraren.html
- [18] Hybridný fotovoltaický systém [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ecoprodukt.sk/solarne.panely/menic.napatia.dc.ac/menic.napatia.hybridny/48v.230v/menic.victron.multipius.48v.5000va.sinus>
- [19] Fotovoltaické solárne panely [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ecoprodukt.sk/solarne.panely/menic.napatia.dc.ac/menic.napatia.hybridny/48v.230v/menic.victron.multipius.48v.5000va.sinus>
- [20] Minimální vzdálenost mezi řadou panelů na ploché střeše [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.i4wifi.cz/cs/faq/1732-minimalni-vzdalenost-mezi-radou-panelu-na-ploche-strese>
- [21] Menič Fronius Symo 20.0.3-M 20kVA 28,9A [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ecoprodukt.sk/solarne.panely/sietove.menice/3.fazove/menic.fronius.symo.20.0.3.m.20kva.28.9a>
- [22] Menič Victron Quattro 48V 15000VA/200A-100A/100 [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ecoprodukt.sk/solarne.panely/sietove.menice/3.fazove/menic.fronius.symo.20.0.3.m.20kva.28.9a>
- [23] Batéria BMZ Li-Ion 48V 186,3Ah 10,06kWh [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ecoprodukt.sk/solarne.panely/solarne.baterie/baterie.li.ion/bateria.bmz.li.ion.48v.186.3ah.10.06kwh.ess.x>
- [24] Ovládací panel Victron Energy Color Control GX [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ecoprodukt.sk/solarne.panely/menic.napatia.dc.ac/ovladacie.panely.a.rozhrania/ovladaci.panel.victron.energy.color.control.gx>

Zoznam Príloh

Príloha	Popis prílohy	Počet strán
Príloha A:	Technická správa	13
Príloha B:	Projektová dokumentácia	24
Príloha C:	Cenová kalkulácia	2